



João Manuel Petrucci Osório

Licenciado em Ciências de Engenharia do Ambiente

Definição da Aptidão Florestal para diversas espécies arbóreas numa zona do Centro de Portugal Continental

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente – Ramo de Engenharia de Sistemas Ambientais

Orientador: Maria Teresa Calvão Rodrigues, Professora, FCT-UNL

Júri:

Presidente: Prof. Doutor António Manuel Fernandes Rodrigues

Arguente: Prof. Doutor José Carlos Ribeiro Ferreira

Vogal: Prof. Doutora Maria Teresa Calvão Rodrigues

Definição da Aptidão Florestal para diversas espécies arbóreas numa zona do Centro de Portugal Continental

Copyright © João Manuel Petrucci Osório, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Aos meus pais, Armanda e Vitor e ao meu irmão José Pedro

Agradecimentos

Em primeiro lugar, quero agradecer à minha orientadora Professora Doutora Maria Teresa Calvão Rodrigues por toda a orientação, disponibilidade e apoio ao longo da elaboração desta dissertação.

Agradeço ao Professor Doutor Luís Quinta-Nova e à Técnica Superior Natália Roque, da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Castelo Branco, pela disponibilidade e informação prestadas.

Agradeço também à Câmara Municipal da Lousã pela informação geográfica do concelho disponibilizada prontamente.

A todos os meus professores e colegas e amigos que me ensinaram, moldaram e com quem tive o prazer de partilhar as mais diversas experiências.

Aos meus pais e irmão por todos os sacrifícios e compreensão, a todos os meus familiares, que de alguma forma me incentivaram e ajudaram a atingir os meus objetivos.

À minha namorada Renata, por toda a ajuda, apoio e principalmente paciência!

Aos *Fidjos di tchon*, que considero a minha segunda família e aos meus grandes amigos Paipai, Viseu e Pedrinho, ícones do IPCB.

A todos, o meu bem-haja!

Resumo

As alterações climáticas são um dos principais problemas da atualidade e têm suscitado grande preocupação pelas evidências da sua intensificação. As previsões e cenários para o futuro apontam para alterações significativas dos padrões de temperatura e precipitação em Portugal, aliadas ao aumento da frequência e intensidade de secas e ondas de calor. Estes fenómenos aumentam o risco de incêndios florestais e poderão causar mudanças significativas nos recursos hídricos e no uso dos solos, constituindo um desafio à conservação e gestão das florestas. As florestas são ecossistemas com elevado valor económico, ambiental, patrimonial e cultural, e possuem enorme potencial como mitigadores das alterações climáticas pelos serviços de proteção e regulação que desempenham.

O objetivo desta dissertação consistiu no desenvolvimento e aplicação de uma metodologia de análise multicritério, com recurso a ferramentas SIG, para a definição da aptidão florestal para várias espécies arbóreas autóctones, numa área escolhida do Centro de Portugal Continental, com base em características bioclimáticas, edáficas e morfológicas (declive).

A aptidão foi definida para cinco espécies: Sobreiro (*Quercus suber*), Carvalho-Alvarinho (*Quercus robur*), Pinheiro-Manso (*Pinus pinea*), Pinheiro-Bravo (*Pinus pinaster*) e Castanheiro (*Castanea sativa*). A espécie com maior aptidão na área de estudo foi o Pinheiro-Bravo e a espécie com menor aptidão o Sobreiro, que bioclimaticamente não apresentou aptidão para a área de estudo. Segue-se o Pinheiro-Manso, como a segunda espécie com menor aptidão, com cerca de 60% da área considerada inapta para o mesmo. O Carvalho-Alvarinho e o Castanheiro obtiveram valores similares de aptidão, pela semelhança nas suas preferências bioclimáticas. A definição da aptidão florestal poderá auxiliar no planeamento florestal depois dos incêndios.

Palavras-chave

Aptidão florestal; Análise multicritério; SIG; Alterações climáticas; Incêndios florestais.

Abstract

Climate changes are one of the main problems today and has generated great concern due to the evidence of their intensification. The predictions and scenarios developed point to significant changes in temperature and precipitation patterns in Portugal, along with an increased frequency and intensity of droughts and heat waves, which will increase the risk of forest fires and may cause significant changes in water resources and soil uses. These changes represent a challenge to the conservation and management of forests. Forests are ecosystems economically, environmentally, patrimonially and culturally valuable, and with enormous potential as climate change mitigators due to the protection and regulation services they provide.

The objective of this dissertation was the development and application of a multicriteria analysis methodology, using GIS tools, which allows the definition of forest suitability for several indigenous tree species in an area in the centre of Continental Portugal, based on bioclimatic characteristics, existing soils and slope.

The suitability was defined for five species: *Quercus suber*, *Quercus robur*, *Pinus pinea*, *Pinus pinaster* and *Castanea sativa*. The species with the highest suitability in the study area was *Pinus pinaster* and the species with the lowest suitability was *Quercus suber*, which bioclimatically did not present suitability for the study area. It follows *Pinus pinea*, as the second species with slighter suitability, with about 60% of the area considered inapt for it. *Quercus robur* and *Castanea sativa* obtained similar values of suitability, due to the similarity in their bioclimatic preferences. The definition of forest suitability may allow a better understanding of the growth and development of these species in the area, helping in reforestation after forest fires.

Keywords:

Forest suitability; Multicriteria analysis; GIS; Climate changes; Forest fires.

Índice

1	Introdução.....	1
1.1	Definição do Problema	1
1.2	Objetivos.....	1
1.3	Estrutura da dissertação	2
2	Revisão da Literatura	3
2.1	Alterações Climáticas	3
2.2	Florestas.....	4
2.2.1	Importância das Florestas	4
2.2.2	Floresta Portuguesa	5
2.2.3	Incêndios Florestais.....	7
2.2.4	Gestão Florestal	9
2.3	Aptidão Florestal.....	10
3	Metodologia	12
3.1	Enquadramento metodológico	12
3.2	Caracterização da área de estudo	12
3.3	Análise Espacial Multicritério para a definição da aptidão florestal	21
3.3.1	Escolha das espécies para a definição de aptidão florestal	21
3.3.2	Identificação dos critérios utilizados	24
3.3.3	Metodologia AHP.....	26
3.3.4	Elaboração dos mapas de aptidão florestal para cada espécie arbórea	28
4	Apresentação e discussão dos resultados.....	34
4.1	Análise aos mapas obtidos	34
4.1.1	Aptidão Florestal para o Carvalho-Alvarinho	34
4.1.2	Aptidão Florestal para o Castanheiro.....	36
4.1.3	Aptidão Florestal para o Pinheiro-Bravo	38
4.1.4	Aptidão Florestal para o Pinheiro-Manso.....	41
4.1.5	Aptidão Florestal para o Sobreiro.....	43
4.2	Aptidão florestal na área de estudo.....	46
5	Conclusões	52
5.1	Principais conclusões	52
5.2	Dificuldades e limitações do estudo	53
5.3	Desenvolvimentos futuros	53
	Referências bibliográficas	56
	Anexo I – Resultados Intermédios	62
	Anexo II – Aptidão Bioclimática EPICWebGis	67
	Anexo III – Classes de aptidão florestal.....	72
	Anexo IV – Aptidão Integrada EPICWebGis	73

Índice de figuras

Figura 1 – Evolução da área florestal em Portugal continental (adaptado de ICNF, 2013)	6
Figura 2 – Área Florestal por espécies arbóreas (adaptado de ICNF, 2013)	7
Figura 3 - Incêndios Florestais em Portugal Continental: Área ardida e ocorrências (adaptado de APA, 2017)	8
Figura 4 - Incêndios Florestais em Portugal: Áreas de uso do solo (adaptado de APA, 2017) ...	8
Figura 5 - Causas dos incêndios florestais registados em 2017 (adaptado de APA, 2017)	9
Figura 6 - Localização da Área de Estudo	12
Figura 7 – Altitude(m).....	13
Figura 8 - Litologia da área de estudo	14
Figura 9 - Paul da Arzila (n.d.)	15
Figura 10 – Cambarinho (Barros, 2014)	15
Figura 11 - Rio Vouga (Richart,2011)	15
Figura 12 - Carregal do Sal (Silva, 2011).....	16
Figura 13 - Sicó/ Alvaiázere (ICNF, n.d.)	16
Figura 14 - Serra da Lousã (Casa da Eira, n.d.).....	16
Figura 15 - Ria de Aveiro (The Perfect Tourist eMagazine, 2015)	17
Figura 16 - Paul da Arzila (Blog Direito do Ambiente, 2008)	17
Figura 17 - Paul da Madriz (Geocaching, 2011)	17
Figura 18 - Paul do Taipal (Natura Dois Ponto Zero, n.d.)	18
Figura 19 - Sítios de Interesse Comunitário dentro dos limites da área de estudo	19
Figura 20 - Zonas de Proteção Especial dentro dos limites área de estudo	20
Figura 21 – Número de ocorrências de espécies arbóreas autóctones na área de estudo	21
Figura 22 - Distribuição do Carvalho-alvarinho em Portugal. (Flora-On, 2018)	22
Figura 23 - Distribuição do Castanheiro em Portugal. (Flora-On, 2018)	22
Figura 24 - Distribuição do Pinheiro-Bravo em Portugal (Flora-On, 2018)	23
Figura 25 - Distribuição do Pinheiro-Manso em Portugal. (Flora-On, 2018)	24
Figura 26 - Distribuição do Sobreiro em Portugal (Flora-On, 2018)	24
Figura 27 - Mapa do declive.....	25
Figura 28 – Esquema metodológico para o tratamento da informação bioclimática	29
Figura 29 - Esquema metodológico para o tratamento e análise da informação altimétrica.....	30
Figura 30 – Esquema metodológico para o processamento e análise da informação dos solos	32
Figura 31 – Esquema metodológico para a definição aptidão florestal para o Sobreiro	33
Figura 32 - Aptidão para o Carvalho-Alvarinho.....	35
Figura 33 - Representatividade (%) das várias classes de aptidão para o Carvalho-Alvarinho.	36
Figura 34 - Aptidão florestal para o Castanheiro	37
Figura 35 - Representatividade (%) das várias classes de aptidão para o Castanheiro	38
Figura 36 - Aptidão Florestal para o Pinheiro-Bravo.....	39
Figura 37 - Representatividade (%) das várias classes de aptidão para o Pinheiro-Bravo.....	40
Figura 38 - Aptidão para o Pinheiro-Manso	42
Figura 39 - Representatividade (%) das várias classes de aptidão para o Pinheiro-Manso	43
Figura 40 - Aptidão florestal para o Sobreiro	45
Figura 41 - Representatividade (%) das várias classes de aptidão para o Sobreiro	46
Figura 42 - Aptidão acima da referência por espécie	47
Figura 43- Aptidão de referência por espécie	48
Figura 44 - Aptidão abaixo da referência por espécie	49
Figura 45 - Aptidão combinada das espécies	51

Índice de tabelas

Tabela 1 - Matriz AHP para definição da importância dos critérios utilizados na metodologia ..	27
Tabela 2 - Matriz AHP com os índices de consistência associados	28
Tabela 3 - Características diagnóstico das unidades de solo e respetiva classificação (adaptado de Ferreira et al, 2001)	30
Tabela 4 - Aptidão das classes de solos para cada uma das espécies (adaptado de Ferreira et al., 2001)	32
Tabela 5 - Aptidão Integrada para o Sobreiro (EPICWebGis)	46
Tabela 6 - Aptidão Integrada para o Carvalho-Alvarinho (EPICWebGis)	36
Tabela 7 - Aptidão Integrada para o Pinheiro-Bravo (EPICWebGis)	40
Tabela 8 - Aptidão Integrada para o Pinheiro-Manso (EPICWebGis)	43
Tabela 9 - Aptidão Integrada para o Castanheiro (EPICWebGis)	38
Tabela 10 - Aptidão acima da referência	47
Tabela 11 - Aptidão de referência	48
Tabela 12 - Aptidão abaixo da referência	49
Tabela 13 - Aptidão combinada das espécies	50

Simbologia

- AHP – *Analytic Hierarchy Process*
- ENF – Estratégia Nacional para as Florestas
- ICNF – Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas
- n.d. – não definido(a)
- SIG – Sistemas de Informação Geográfica

1 Introdução

1.1 Definição do Problema

As alterações climáticas são um processo dinâmico global, sendo cada vez mais importante a definição de estratégias de adaptação aos possíveis cenários futuros (Koomen et al., 2012). Através da observação da evolução do clima em Portugal é possível identificar tendências nos padrões de temperatura e precipitação, indicando alterações do clima em todo o território, nomeadamente no padrão sazonal. Associados a estas alterações, estão previstos aumentos na ocorrência e na intensidade de ondas de calor, aumento do risco de incêndios florestais e alterações significativas na capacidade de uso do solo e na disponibilidade dos recursos hídricos. (Paulo et al., 2012; Páscoa et al., 2017).

As florestas são ecossistemas de enorme importância, provedores de matérias-primas e diferentes serviços. Devido às alterações climáticas previstas torna-se necessária a melhoria das políticas e instrumentos para a gestão contínua dos espaços florestais, de forma a requalificar e conservar estes ecossistemas. A aptidão florestal pode ser determinada na combinação de diversos fatores (climáticos, morfológicos e físicos) característicos de uma determinada zona, que poderão facilitar o crescimento e desenvolvimento de determinadas espécies ou, pelo contrário, dificultá-lo. A alteração nos padrões bioclimáticos para Portugal continental, implicará mudanças na distribuição e aptidão de várias espécies.

1.2 Objetivos

A dissertação tem como objetivo o desenvolvimento e aplicação de uma metodologia para a definição da aptidão florestal para várias espécies arbóreas numa área no Centro de Portugal continental, tendo por base as suas preferências climáticas, físicas e morfológicas. Com recurso a ferramentas SIG (Sistemas de Informação Geográfica) pretende-se a construção de mapas de aptidão florestal para a área escolhida, sendo possível a identificação, de entre as espécies escolhidas para o estudo, as que melhor se adaptam à zona. Para a realização desta dissertação serão desenvolvidas as seguintes etapas:

- Definição e caracterização da área de estudo;
- Escolha das espécies arbóreas;
- Conceptualização da metodologia a utilizar para a definição da aptidão florestal;
- Aplicação da metodologia;
- Elaboração dos mapas de aptidão florestal para cada uma das espécies escolhidas;
- Análise crítica aos mapas criados.

1.3 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está dividida em cinco capítulos. No primeiro capítulo é feito o enquadramento, a definição do problema e justificação da escolha do tema, sendo apresentados os objetivos e os potenciais resultados esperados. O segundo capítulo consiste na revisão de literatura, onde são apresentadas as principais questões como as alterações climáticas, a importância das florestas de forma geral e no âmbito nacional e a aptidão florestal. No capítulo 3 é apresentada a metodologia, com a caracterização da área de estudo e todos os processos de conceptualização e aplicação para a definição da aptidão florestal para diferentes espécies na área considerada. No capítulo 4 são apresentados os resultados obtidos e é feita a sua discussão e comparação com outros trabalhos realizados para as mesmas espécies. Por último, no capítulo 5, são feitas as considerações finais, bem como algumas das dificuldades encontradas e possíveis desenvolvimentos futuros da temática.

2 Revisão da Literatura

2.1 Alterações Climáticas

As alterações climáticas constituem atualmente um dos principais desafios colocados ao desenvolvimento da humanidade a médio e longo prazo. A nível mundial a alteração dos padrões das variáveis climáticas deixa prever grandes dificuldades para todas as sociedades, nas mais diversas vertentes. Existe atualmente uma compreensão da necessidade de alteração dos comportamentos e atividades enquanto sociedade para que possa haver uma melhor adaptação e transição para os possíveis futuros cenários climáticos

Em Portugal Continental verificou-se de 1941 até 2007, um aumento médio da temperatura do ar, de 0,5 °C por cada década, uma diminuição da amplitude térmica anual e um aumento da frequência das ondas de calor (DGRF, 2015). Relativamente à precipitação anual, registou-se uma diminuição da mesma em aproximadamente 80% das estações meteorológicas. Adicionalmente passou a ocorrer menor precipitação na Primavera e maior no Outono. Observou-se ainda um aumento da frequência e intensidade dos períodos de seca. Este panorama resultou no agravamento da aridez e desertificação. Assim, verificou-se um aumento de 38% para 56% da área do país suscetível ao fenómeno da desertificação (Martins et al., 2012; Paulo et al., 2012; Páscoa et al., 2017).

Os cenários evolutivos, de acordo com os modelos climáticos e os estudos já realizados, indicam mudanças acentuadas em Portugal. Estes cenários baseiam-se em duas hipóteses evolutivas distintas. A primeira (modelo RCP4.5) assume que existe um controlo das emissões de gases com efeito de estufa enquanto a segunda (modelo RCP8.5) prevê o aumento contínuo destas emissões durante o século XXI (Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território, 2013). A combinação entre a redução da precipitação e o aumento da temperatura prevista para as regiões mediterrânicas, tornam estas muito suscetíveis às alterações climáticas (Ministério da Agricultura do Mar do Ambiente e do Ordenamento do Território, 2013). Pereira et. al (2002) identificam as principais influências das alterações climáticas nas florestas. O clima, mais exatamente a temperatura e a precipitação têm influência na distribuição das espécies, assim como no seu desenvolvimento. Os eventos climáticos extremos como as secas e as ondas de calor podem conduzir à perda acentuada do coberto vegetal, resultando por consequência em perdas ambientais, económicas, patrimoniais e culturais. Como já referido, associadas às alterações climáticas está subjacente o aumento de gases com efeito de estufa, como é o caso do dióxido de carbono. O seu aumento poderá atuar, até certo ponto, como um estimulante do crescimento e desenvolvimento do coberto vegetal, por ser um composto essencial à atividade fotossintética. No entanto, apenas o será, até que outro fator limitante seja posto em causa, como por exemplo, a disponibilidade hídrica (Santos & Miranda, 2006).

Têm-se observado, cada vez com maior frequência, eventos climáticos extremos e prevê-se que estes se intensifiquem num futuro próximo, resultando na degradação dos ecossistemas florestais e, consequentemente dos serviços que fornecem. Estas situações facilitarão a disseminação e desenvolvimento de espécies invasoras, novas doenças e pragas, bem como levarão a alterações nos regimes/padrões de fogos florestais. Por outro lado, as florestas podem ajudar no combate e/ou adaptação às alterações climáticas, na captura de carbono e na prevenção da erosão dos solos e desertificação. É esperado que as florestas sejam afetadas pelas alterações climáticas principalmente no Sul da Europa, considerada uma das zonas mais vulneráveis. Nas próximas décadas prevê-se um reforço das tendências até agora verificadas, apontando essencialmente para o aumento da temperatura e seca de forma generalizada em Portugal Continental.

O Acordo de Paris, adotado em Dezembro de 2015, apresenta o compromisso de 197 governos em reduzir e criar resiliência às alterações climáticas. Entre os principais objetivos descritos no acordo destaca-se o plano de ação com o intuito de limitar o aquecimento global a um valor inferior a 2 °C, e concentrar os esforços para que este não ultrapasse os 1,5 °C. Para que esta meta seja atingida foi evidenciada a necessidade profunda de descarbonizar a economia mundial (Conselho Europeu/Conselho da União Europeia, 2018).

Aliado ao Acordo de Paris é necessário referir o Roteiro Nacional de Baixo Carbono (RNBC) que vai de encontro aos esforços mundiais no combate às alterações climáticas. O RNBC consiste num estudo com o objetivo de identificar a viabilidade técnica e económica das estratégias de redução das emissões de gases com efeito de estufa (GEE) em Portugal até ao ano de 2050. O RNBC identifica claramente o potencial de redução de emissões de GEE em todos os setores de atividade, mas principalmente no setor da energia. (Agência Portuguesa do Ambiente, 2012)

2.2 Florestas

2.2.1 Importância das Florestas

Pode-se definir floresta como o espaço superior a 0,5 hectares com cobertura de copa ou densidade equivalente, com mais de 10% de cobertura e com árvores com altura superior a 5 metros, excluindo usos do solo agrícolas ou urbanos (FAO, 2010). As florestas têm um papel fundamental na sustentabilidade económica e social de diversos setores pela grande variedade de produtos e serviços que oferecem. A atual distribuição geográfica das espécies é resultado de uma ação humana prolongada em conjunto com processos naturais. De entre os vários fatores que influenciam a distribuição das espécies florestais, o clima é definitivamente um dos mais importantes. Compreende-se, desta forma, a preocupação com as alterações climáticas por parte das entidades responsáveis pelo planeamento, nomeadamente da floresta (Costa et al., 2017). Por outro lado, o aquecimento global causado pelo aumento da concentração de dióxido de carbono a um ritmo elevado (0,5%) é também consequência dos incêndios e degradação do

coberto florestal, sendo estas atividades apenas suplantadas pela queima de combustíveis fósseis (Pereira, 2014).

A floresta tem uma grande importância enquanto base para diversos setores económicos e sociais (uma vez que promove o emprego em zonas rurais do país). A nível ambiental as florestas representam um enorme valor na medida em que prestam serviços de regulação e proteção do sistema hídrico, dos solos e do clima. No século XX o setor florestal teve uma evolução muito importante, com o aumento significativo de espaços florestais arborizados, tendo atingido o valor máximo de 3,3 milhões de hectares. Esta evolução deve-se essencialmente à valorização das florestas em comparação com outros usos, como por exemplo, os matos ou os “incultos”, pelos proprietários e pela sociedade em geral. A valorização deste tipo de uso do solo, está dependente da maximização dos seus valores diretos (ex.: matérias-primas) ou não diretos (ex.: proteção da paisagem e biodiversidade) (DGRF, 2015). Apesar do contexto de crise observado nos últimos 10 anos em Portugal, o setor florestal conseguiu manter o seu valor económico praticamente constante.

De entre os serviços prestados pelos ecossistemas florestais destaca-se o seu papel como sumidouros de carbono, proporcionando desta forma a mitigação do efeito de estufa (James et al., 2018, Právělie, 2018). Em Portugal, o sequestro de carbono pelas florestas tem permitido o cumprimento dos limites estabelecidos no Protocolo de Quioto (Pereira, 2014). No entanto com novas metas estabelecidas no Acordo de Paris, é necessário perceber como será a evolução do espaço florestal, nomeadamente em Portugal e se esta contempla uma maior ou menor captura de carbono por este tipo de ecossistemas.

Para a previsão do desempenho do setor das florestas e da agricultura, o relatório técnico de apoio ao RNBC, criou três cenários distintos (Baixo, Médio e Alto). Os dois primeiros correspondem à ocorrência futura de condições muito pouco ou moderadamente favoráveis para a floresta em Portugal e o último a condições muito favoráveis. Quanto à emissão e sequestro de carbono as previsões assumem um grande grau de incerteza, uma vez que se desconhece ainda como estas serão quantificadas no futuro. Ainda assim prevêem-se correlações negativas nos cenários Baixo e Médio e uma correlação positiva no cenário Alto, entre os balanços de emissões e sequestro de GEE. Utilizando como ponto de partida os valores do ano de 2009, é projetado para o ano de 2050 evoluções negativas (-74,2%) no cenário Baixo e (-29,8%) e uma evolução positiva (27,8%) no cenário Alto (Agroges – Sociedade de Estudos e Projetos, 2012).

As florestas também fornecem serviços de proteção da paisagem e conservação da biodiversidade (DGRF, 2015).

2.2.2 Floresta Portuguesa

A floresta portuguesa atual é o resultado da evolução condicionada por diversos fatores ao longo de milhares de anos, entre eles, a ação humana. Desde o Neolítico, com a ocupação humana da Península Ibérica, a paisagem tem sido alterada de acordo com as exigências agrícolas que

foram emergindo. A expansão desta atividade resultou numa extensa redução da floresta, ficando restrita essencialmente a zonas de baixa acessibilidade. Era frequente a utilização de queimadas com o objetivo de criar espaço agrícola ou para a reabilitação de pastagens (Devy-Vareta, 1985; Devy-Vareta, 1986; Devy-Vareta, 1988). Assim, no final do século XIX, a floresta tinha desaparecido na maioria das serras portuguesas. Nesta época, com a regulamentação do regime florestal, surge um processo inverso, ou seja, de reflorestação a larga escala, principalmente no litoral e nas zonas montanhosas do norte e centro do país. O pinheiro bravo foi a principal espécie utilizada nas campanhas de arborização, pela sua capacidade de sobrevivência mesmo em solos extremamente degradados, conseguindo crescer, mesmo nestas condições. Na década de 50 deu-se a expansão do eucalipto pelo seu crescente valor comercial (Radich & Monteiro Alves, 2000; Santos & Miranda, 2006).

No entanto, a floresta plantada sofreu e continua a sofrer diversos problemas como a incidência de pragas/doenças e de incêndios (Pereira, 2016; Sousa et al., 2018). A Figura 1 mostra a evolução da área florestal de 1995 até 2010. Observa-se um decréscimo progressivo, devido aos incêndios florestais e à incidência de doenças e pragas.

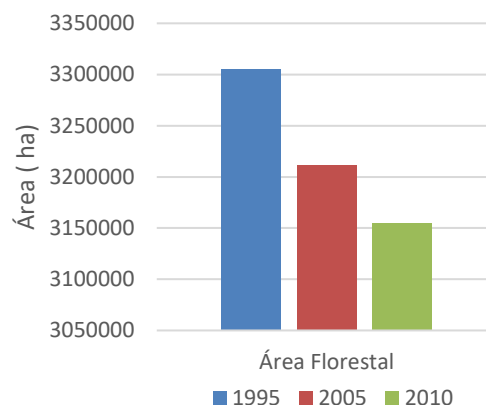


Figura 1 – Evolução da área florestal em Portugal continental (adaptado de ICNF, 2013)

De acordo com o ICNF (2013), atualmente a paisagem portuguesa é predominantemente ocupada por florestas (cerca de 34%) seguindo-se os matos e pastagens (32%). Apenas 24% do país é ocupado por agricultura. As florestas portuguesas são compostas maioritariamente por eucaliptos (26%) e pinheiros-bravo (23%). Relativamente à distribuição das espécies florestais (Figura 2), o eucalipto constitui a espécie dominante (26%), seguindo-se o sobreiro (23%) e o pinheiro-bravo (23%) (Navalho et al., 2017). Esta distribuição nem sempre se verificou, sendo relativamente recente. De facto, nos últimos anos houve uma diminuição progressiva do pinheiro-bravo e um aumento do eucalipto. A representatividade do sobreiro permaneceu praticamente constante.

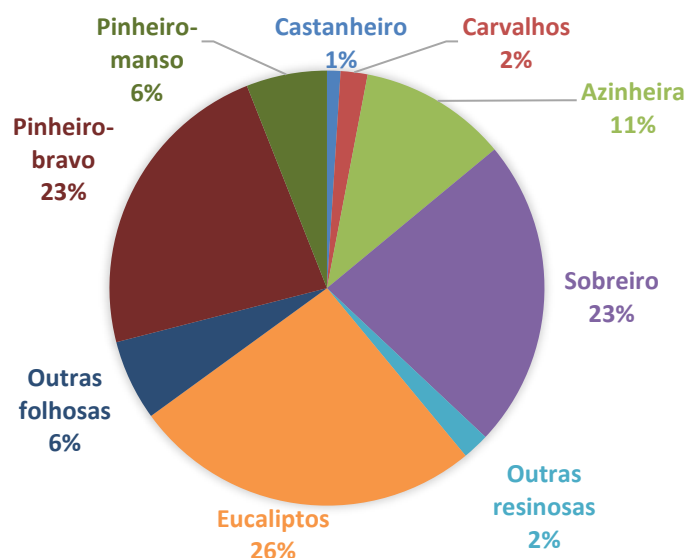


Figura 2 – Área Florestal por espécies arbóreas (adaptado de ICNF, 2013)

2.2.3 Incêndios Florestais

Portugal continental está sujeito a um clima mediterrânico na maior parte do território. Na estação seca os incêndios têm grande probabilidade de ocorrerem pois nesta altura do ano as temperaturas são elevadas, a precipitação é baixa e, portanto, há falta de água no solo. De facto, o fogo constituirá um fator ecológico natural nas zonas de clima mediterrânico. No entanto, a maioria dos incêndios têm origem humana. (Conferência Nacional sobre Prevenção e Investigação de Incêndios Florestais, 2001)

Os incêndios causam a destruição dos ecossistemas, levando à perda dos bens e serviços que fornecem. No entanto, os fogos florestais são também parte importante da dinâmica destes ecossistemas, na medida em que ajudam o controlo de doenças fitossanitárias e de pragas (Bastrup-Birk et al., 2016). De uma perspetiva de gestão, a variável da paisagem que influencia o comportamento do fogo e que pode ser manipulada é o tipo de coberto do solo. É recomendado, por vários autores, o desenvolvimento de políticas de uso do solo que promovam a conservação da diversidade através de paisagem diversificada e resiliente aos incêndios (Navalho et al., 2017).

O pinheiro-bravo e o eucalipto são as espécies que têm sido mais afetadas pelos fogos, correspondendo entre 2007 e 2016, a 76% da área total ardida. Os fogos contribuíram para a forte redução da área de pinheiro-bravo, sendo estes povoamentos substituídos, em grande parte, por matos (APA, 2017)

Analisando a evolução dos incêndios florestais em Portugal (Figura 3 e Figura 4) é possível perceber uma redução tendencial desde 2006 do número de ocorrências. Já o total de área ardida atingiu o máximo em 2017. Da área ardida, 60% corresponde a povoamentos florestais e

40% a matos e pastagens naturais. Nos anos anteriores as áreas mais afetadas correspondiam a matos e pastagens.

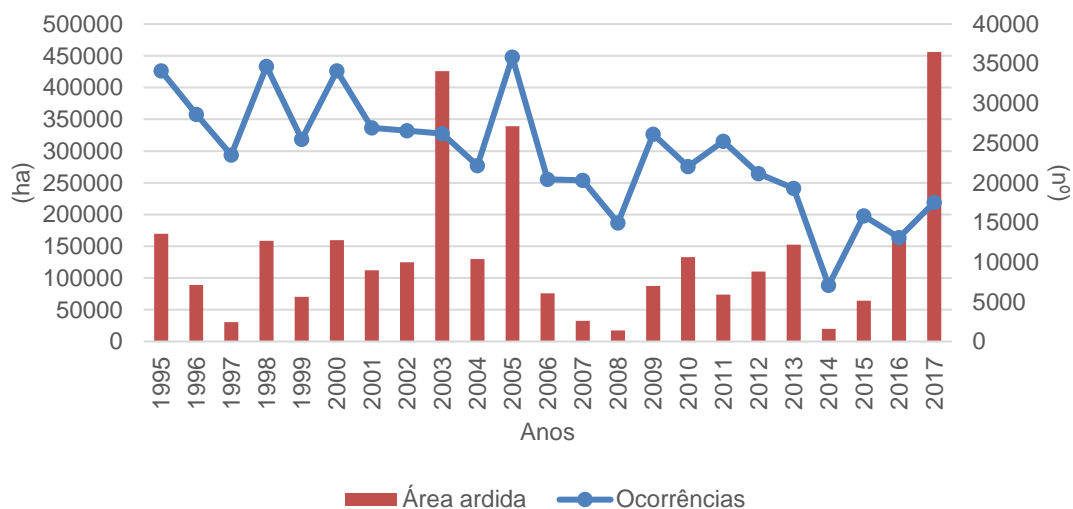


Figura 3 - Incêndios Florestais em Portugal Continental: Área ardida e ocorrências (adaptado de APA, 2017)

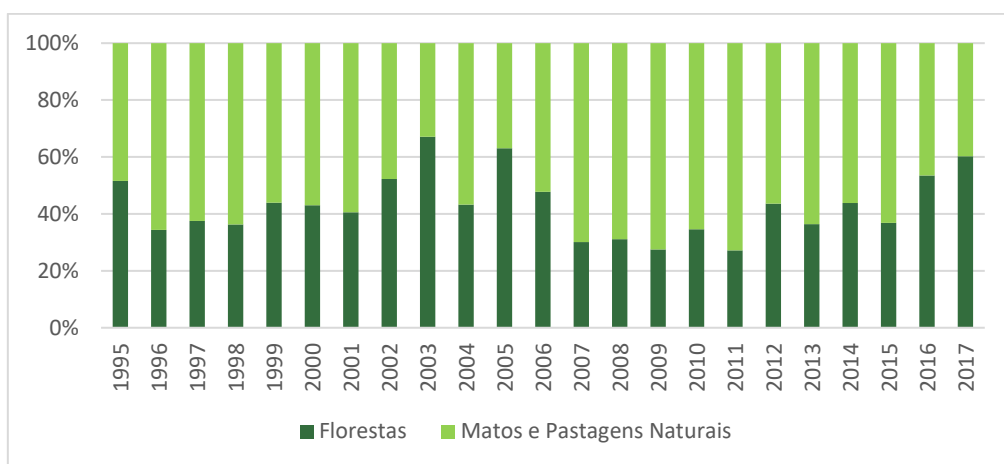


Figura 4 - Incêndios Florestais em Portugal: Áreas de uso do solo (adaptado de APA, 2017)

No ano de 2017, a maior área ardida, cerca de 120 000 hectares, ocorreu no Centro de Portugal, no distrito de Coimbra. Como se pode observar na Figura 5, 1% dos incêndios tiveram origem natural e 4% foram atribuídos a causas acidentais. Cerca de 23% dos incêndios foram causados por incêndiarismo (APA, 2017).

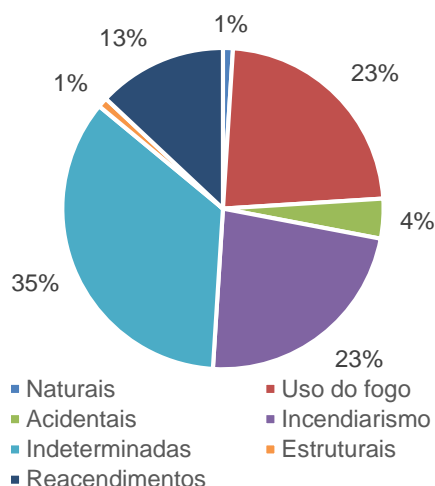


Figura 5 - Causas dos incêndios florestais registados em 2017 (adaptado de APA, 2017)

2.2.4 Gestão Florestal

Os cenários de alterações climáticas para Portugal Continental poderão resultar na mudança dos ótimos bioclimáticos de várias espécies e no aumento da ocorrência dos incêndios florestais. Emerge, assim, a necessidade de contemplar estas possíveis alterações na gestão da floresta do país (Costa et al., 2017).

As florestas são ecossistemas complexos, com múltiplas funções, como a produção de matérias primas, conservação da biodiversidade, proteção dos solos e recursos hídricos, entre outros. A gestão florestal é um processo de planeamento e implementação de práticas, com o objetivo de salvaguardar os ecossistemas florestais, bem como os bens e serviços por estes prestados. A gestão sustentável e proteção contínua das florestas para benefício das gerações seguintes deve ser acima de tudo dinâmica e adaptativa às necessidades existentes, não implicando que as florestas se mantenham imutáveis, mas sim que evoluam.

Um questionário realizado pela EC (2009) mostrou que existe maior preocupação (opinião pública) com a desflorestação e as alterações climáticas do que com o valor económico das florestas. Dos proprietários de áreas florestais inquiridos, 92% referiram a reincidência de incêndios florestais nas suas propriedades, uma ou mais vezes (Valente et al., 2015). Ainda no mesmo trabalho, o município de Mação é utilizado por Valente et al. (2015) como estudo de caso, sendo referido que espelha, de forma fidedigna, a realidade do Centro do país. Nesta zona os proprietários de espaços florestais são, na sua maioria idosos, reformados ou com rendimentos baixos, ou então são proprietários que vivem em zonas urbanas e distanciadas da propriedade florestal, ou seja, são proprietários ausentes. As áreas florestais são na sua generalidade de pequena dimensão e muito fragmentadas, o que resulta em dificuldades na gestão dos povoamentos. Assim, verifica-se um desinteresse de muitos proprietários em realizarem investimentos nos povoamentos florestais, sendo muitas vezes considerada, pela maior parte

dos proprietários, a opção de não fazer nada, por se mostrar a mais viável economicamente (Feliciano et al., 2015).

“O conceito de sustentabilidade está na génese da silvicultura.” (Pereira, 2014). A gestão florestal integra práticas de silvicultura com dinâmicas de gestão, de modo a que as melhores práticas possam ser postas em ação e maximizem os objetivos pretendidos. Estes objetivos variam para cada espaço florestal, uma vez que para além dos objetivos que possam ser definidos por regulamentação, sentido de responsabilidade e sustentabilidade, existem também os objetivos definidos pelos proprietários, relativos à produtividade e valor comercial. Estes não se autoexcluem. A gestão começa com o planeamento de todas as ações necessárias para que todos os objetivos sejam cumpridos. As ações podem ser de carácter mais económico e financeiro, ou de carácter mais ecológico, tentando gerir a floresta como o ecossistema que é. A formulação de um plano de gestão florestal é uma tarefa complexa, sendo imprescindível um conhecimento vasto das condições passadas e presentes do espaço florestal em causa, bem como dos possíveis cenários evolutivos para o mesmo (Bettinger et al., 2017).

A Estratégia Nacional para as Florestas (ENF, 2006) consiste num documento de referência para os planos de ação públicos e privados no setor florestal. Esta estratégia foi atualizada no ano de 2015 e engloba os novos objetivos e metas definidos pela Estratégia da União Europeia para a Biodiversidade. O objetivo principal inerente à Estratégia Nacional para as Florestas é a gestão sustentável das florestas que por sua vez se reflete em várias ações estratégicas. Como metas principais a atingir até 2020 surgem: a melhoria do valor económico dos povoamentos florestais pela sua gestão ativa, principalmente à escala regional, o aumento do valor ambiental das florestas, da sua resiliência e adaptação às alterações climáticas e mitigação dos seus efeitos, conseguindo conservar e melhorar o provisionamento de bens e serviços por estes ecossistemas. Promover a florestação com espécies adaptadas às condições existentes, recuperação e reabilitação de espaços florestais degradados, promover a prevenção contra os agentes bióticos e abióticos nocivos. E finalmente a criação de valor económico, cultural, social e ambiental, pela diversificação das atividades desenvolvidas em espaços florestais.

2.3 Aptidão Florestal

A definição da aptidão florestal consiste na avaliação das potencialidades de uma determinada área para a implementação e desenvolvimento de uma dada espécie arbórea. A aptidão de uma área, para uma ou mais espécies, depende de diversos fatores que, quando combinados, poderão ou não favorecer o estabelecimento de uma ou mais espécies. A aptidão florestal baseia-se no princípio de que as espécies têm a capacidade para se instalarem nos locais que melhor satisfazem as suas necessidades (Edenius & Mikusin, 2006).

Como já referido, existe no Centro do país uma grande reincidência dos incêndios florestais. Moreira et al. (2011) mostram que a reincidência do fogo é um aspeto comum a vários países de clima mediterrânico (ex.: Espanha, Itália) e apontam como razões, a baixa resiliência de alguns

tipos de floresta ao fogo, permitindo que espécies mais resistentes possam estabelecer-se e rapidez de recuperação do material combustível, muitas vezes ultrapassando as quantidades existentes antes do incêndio. As plantas dos ecossistemas mediterrânicos podem-se dividir em dois grupos funcionais quanto às suas estratégias adaptativas ao fogo: aquelas em que a regeneração é imediata, com capacidade para produzir rebentos, e aquelas que apenas se regeneram por semente. Após um incêndio as áreas ardidas são invadidas por espécies de regeneração por semente e só mais tarde surgem as de geração vegetativa. Uma das espécies mais aptas à sucessão após um incêndio é o pinheiro-bravo, que em etapas de sucessão posterior poderá dar lugar a carvalhos, sobreiros e outras folhosas (LPN, 2007).

A LPN (2007) definiu 4 classes de combustibilidade para a floresta portuguesa com base na informação do Inventário Florestal Nacional. A classe que apresenta menor combustibilidade engloba a floresta aberta e alta, o sobreiral fechado e alto, formações diversas fechadas e altas de pinheiro-manso, pinheiro-silvestre, castanheiro e carvalhos. Este tipo de florestas possui um potencial fraco ou nulo de ocorrência de fogos pela reduzida ou moderada carga de combustível e pelo distanciamento das copas do solo. A propagação do fogo é de velocidade lenta ou moderada e a intensidade reduzida.

As conclusões tiradas por Ferreira et al. (2015) reforçam o princípio da precaução, de que será sempre preferível optar por medidas e soluções de prevenção e controlo para que estes fenómenos não ocorram ou que pelo menos sejam minimizados. No entanto, estando os danos já causados é necessidade celeridade no processo de recuperação e combate à degradação que ocorre nos solos. A melhor estratégia consistirá na combinação de técnicas de *mulching* associadas com ações de sementeira de modo a evitar a lixiviação dos solos nas primeiras chuvas (altura onde a perda de nutrientes dos solos e das cinzas é maior) e conseguir levar a cabo um programa de restauro com espécies nativas de modo a diminuir o risco de incêndio nestas áreas.

3 Metodologia

3.1 Enquadramento metodológico

Esta tese baseou-se na aplicação de métodos de análise alicerçados em sistemas de informação geográfica para a definição da aptidão florestal para várias espécies, numa zona do centro de Portugal Continental. Pretende-se, com recurso a vários fatores contabilizados numa análise multicritério, definir as melhores áreas para a implementação de um conjunto de espécies arbóreas autóctones. A metodologia utilizada baseou-se na adaptação de duas metodologias: Roque et al. (2017) e Ferreira et al. (2001).

3.2 Caracterização da área de estudo

A área de estudo, situada na zona centro de Portugal continental (Figura 6), tem uma área de aproximadamente 6400 km² e um perímetro de 328 km, abrangendo os distritos de Aveiro, Coimbra, Viseu e Leiria. As temperaturas médias anuais situam-se entre os 10 °C e os 16 °C e a precipitação anual entre os 800 mm e os 2400 mm.

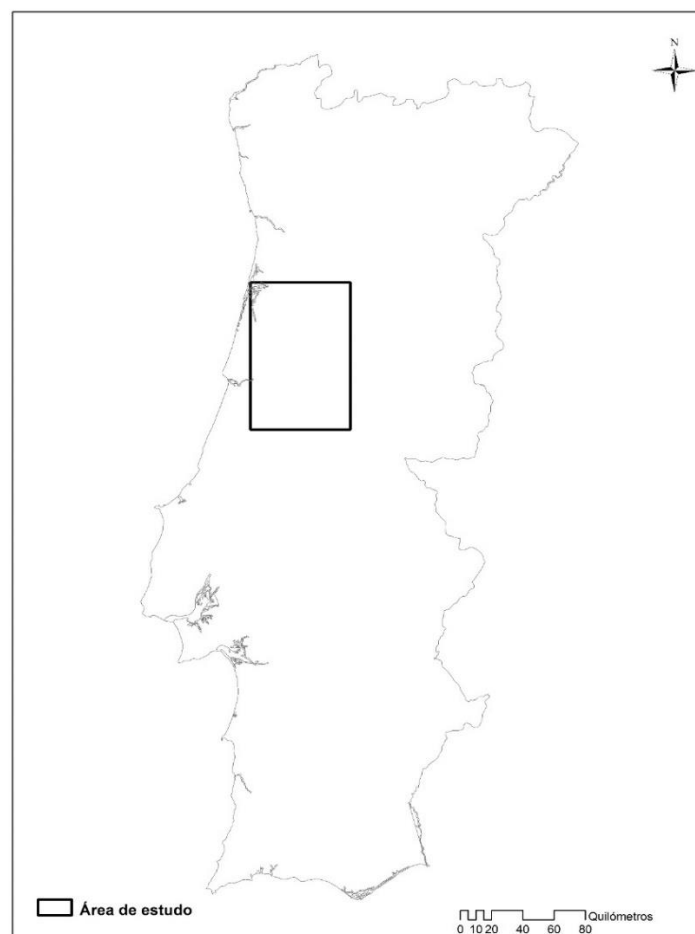


Figura 6 - Localização da Área de Estudo

Como é possível observar pelo Modelo Digital de Terreno (MDT) (Figura 7), a topografia desta zona é muito variada, com maciços montanhosos no nordeste e sudoeste e uma zona mais baixa no centro. A máxima altitude é de 1203 m e a altitude média é de 601,5 m.

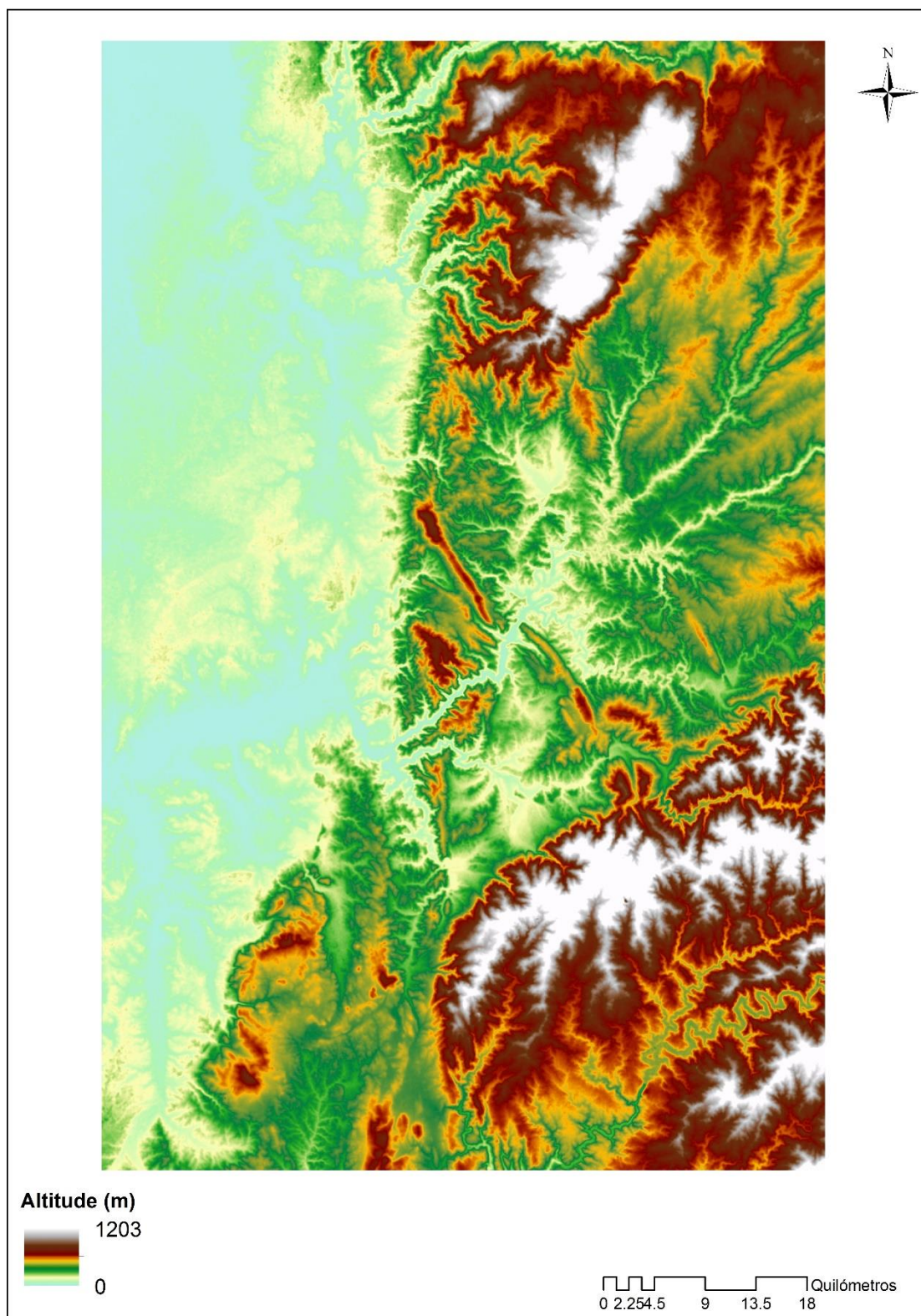


Figura 7 – Altitude(m)

Quanto à litologia, como é possível notar na Figura 8, é também complexa, existindo uma grande variedade de formações rochosas. Os Granitos e rochas afins ocupam aproximadamente 51% da área e Xistos e Grauvagues (Complexo xisto-grauváquico) cerca de 29%.

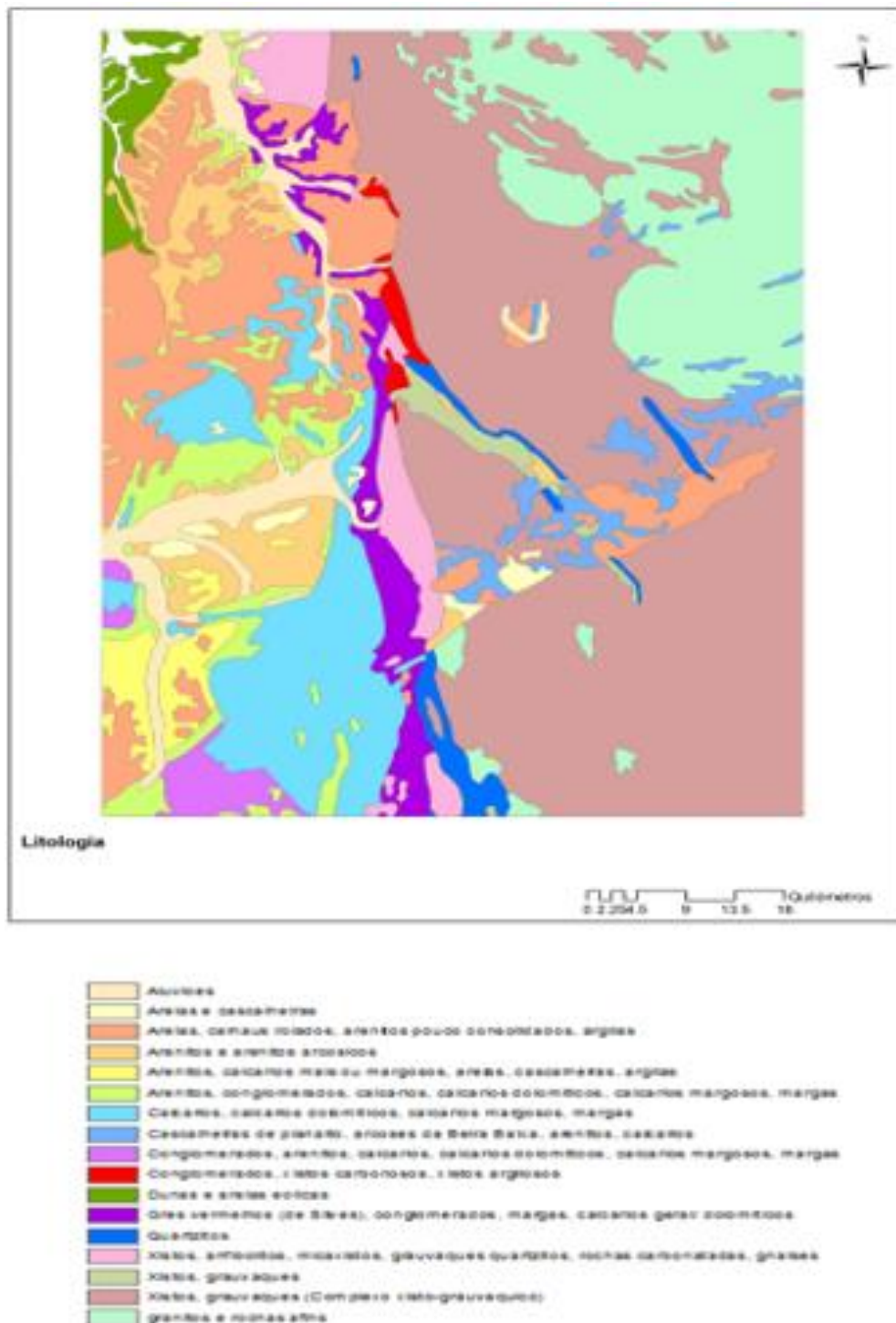


Figura 8 - Litologia da área de estudo

Na área de estudo ocorrem 6 SIC (Sítios de Interesse Comunitário), apresentados na Figura 19 e 4 ZPE (Zonas de Proteção Especial), apresentadas na Figura 20.

Sítios de Interesse Comunitário

- Paul de Arzila

O Paul de Arzila (Figura 9) possui uma área de 6,62 km² (concelhos de Coimbra, Condeixa-a-Nova e Montemor-o-Velho). O Sítio está limitado à parte central do paul e área envolvente, sendo esta uma das últimas zonas húmidas com características adequadas ao desenvolvimento de diversas comunidades de elevada importância dos habitats ripícolas e aquáticos (ICNF, n.d.).



Figura 9 - Paul da Arzila (n.d.)

- Cambarinho

O Cambarinho (Figura 10) possui uma área de 0,24 km². Inserido no concelho de Vouzela, localiza-se na vertente noroeste da serra do Caramulo. Esta área é caracterizada pela presença quase única em Portugal do habitat: matagais altos dominados quase sempre por loendro. O Sítio acolhe uma das maiores populações portuguesas de loendro, um endemismo ibérico (ICNF, n.d.).



Figura 10 – Cambarinho (Barros, 2014)

- Rio Vouga

O rio Vouga (Figura 11) é o principal curso de água que abastece a ria de Aveiro. O Sítio, com uma área de 27,69 km², corresponde ao troço inicial do rio, onde nas vertentes do vale existe uma galeria ripícola bem conservada. É um rio importante na conservação de espécies piscícolas migradoras e um local de ocorrência da lampreia-de-riacho (ICNF, n.d.)

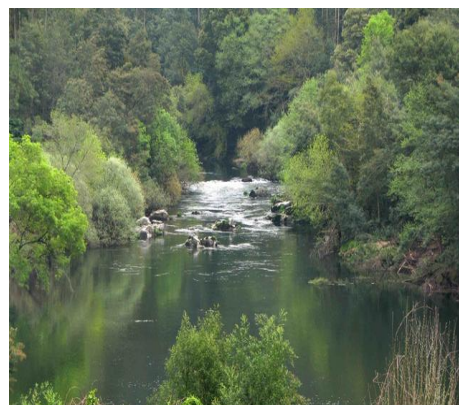


Figura 11 - Rio Vouga (Richart, 2011)

- Carregal do Sal

O Sítio Carregal do Sal (Figura 12), com uma área de 95,54 km², abrange os concelhos de Carregal do Sal, Oliveira do Hospital, Seia e Tábua. É caracterizado por elevações de granito e por solos de elevada qualidade nas zonas mais planas, adequadas à atividade agrícola. Os solos nas vertentes mais declivosas, juntamente com os afloramentos graníticos, resultam no habitat exclusivo de *Narcissus scarbellus*, um endemismo lusitano.



Figura 12 - Carregal do Sal (Silva, 2011)

- Sicó/Alvaiázere

O Sítio Sicó/Alvaiázere (Figura 13) envolve oito concelhos, com maior incidência nos concelhos de Ansião e Alvaiázere, com 23% e 24% respetivamente. Caracteriza-se por uma grande variedade de habitats associados a substratos calcários e inclui vários abrigos para morcegos importantes a nível nacional (ICNF, n.d.).

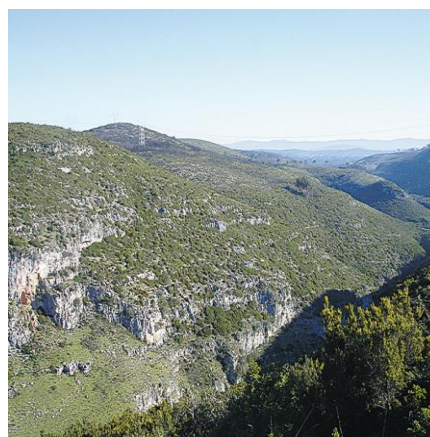


Figura 13 - Sicó/ Alvaiázere (ICNF, n.d.)

- Serra da Lousã

O Sítio Serra da Lousã (Figura 14) tem uma área de 152 km², abrange os concelhos de Castanheira de Pera; Figueiró dos Vinhos, Góis, Lousã e Miranda do Corvo. Representa a extremidade sudoeste da cordilheira central, com linhas de cumeada entre os 800 m e os 1200 m, com influência climática atlântica nas vertentes a Norte e mediterrânica nas vertentes a Sul. Possui interesse paisagístico e geomorfológico e zonas importantes para a conservação do lagarto-de-água (*Lacerta schreiberi*) e da salamandra-lusitânica (*Chioglossa lusitanica*) (ICNF, n.d.)

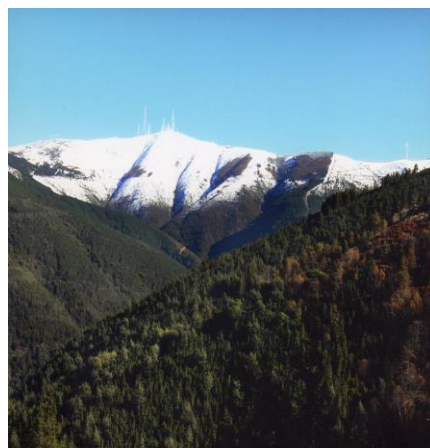


Figura 14 - Serra da Lousã (Casa da Eira, n.d.)

Zonas de Proteção Especial

- Ria de Aveiro

A Ria de Aveiro (Figura 15) abrange 10 concelhos, com maior alocação no concelho de Aveiro. Possui um total de 514,07 km², sendo que 207.37 km² são de área marinha, cerca de 42% da zona de proteção especial. Caracteriza-se pela presença de extensas áreas de sapal e salinas, caniços e paisagem de Bocage. Estas áreas são importantes para a reprodução e alimentação de diversas espécies de aves, sendo o local de nidificação preferido em Portugal pela Garça-Vermelha (*Ardea purpurea*) (ICNF, n.d.).



Figura 15 - Ria de Aveiro (The Perfect Tourist eMagazine, 2015)

- Paul de Arzila

O Paul de Arzila (Figura 16) tem uma área de 4,82 km². Esta zona de proteção especial coincide em 72% com o Sítio de Interesse comunitário com a mesma designação. Abrange os concelhos de Coimbra, Montemor-o-Velho e Condeixa-a-Nova, tendo maior expressão neste último (cerca de 46%). Caracteriza-se pelo grande valor como local de alimentação, refúgio e nidificação de diversas espécies de aves, nomeadamente durante as migrações (ICNF, n.d.).



Figura 16 - Paul da Arzila (Blog Direito do Ambiente, 2008)

- Paul da Madriz

Localizado no Baixo Mondego, totalmente inserido no concelho de Soure, o Paul de Madriz (Figura 17) possui uma área inferior a 1 km², sendo uma das últimas zonas húmidas adequadas à fixação de diversas comunidades. Caracteriza-se também pela concentração de bandos pré-migratórios de andorinhas-das-chaminés e andorinhas-das-barreiras, *Hirundo rustica* e *Riparia riparia*, respetivamente (ICNF, n.d.).



Figura 17 - Paul da Madriz (Geocaching, 2011)

- Paul do Taipal

Localizado no concelho de Montemor-o-Velho, o Paul do Taipal (Figura 18) possui uma área de 2,33 km². À semelhança do que acontece com o Paul da Madriz e com o Paul da Arzila, é uma das últimas zonas húmidas com características interessantes para a fixação e desenvolvimento de diversas comunidades, especialmente de aves. Trata-se de uma zona húmida de importância internacional pela ocorrência regular de 1% da população mediterrânica do pato-trombeteiro (*Anas clypeata*) (ICNF, n.d.).



Figura 18 - Paul do Taipal
(Natura Dois Ponto Zero, n.d.)

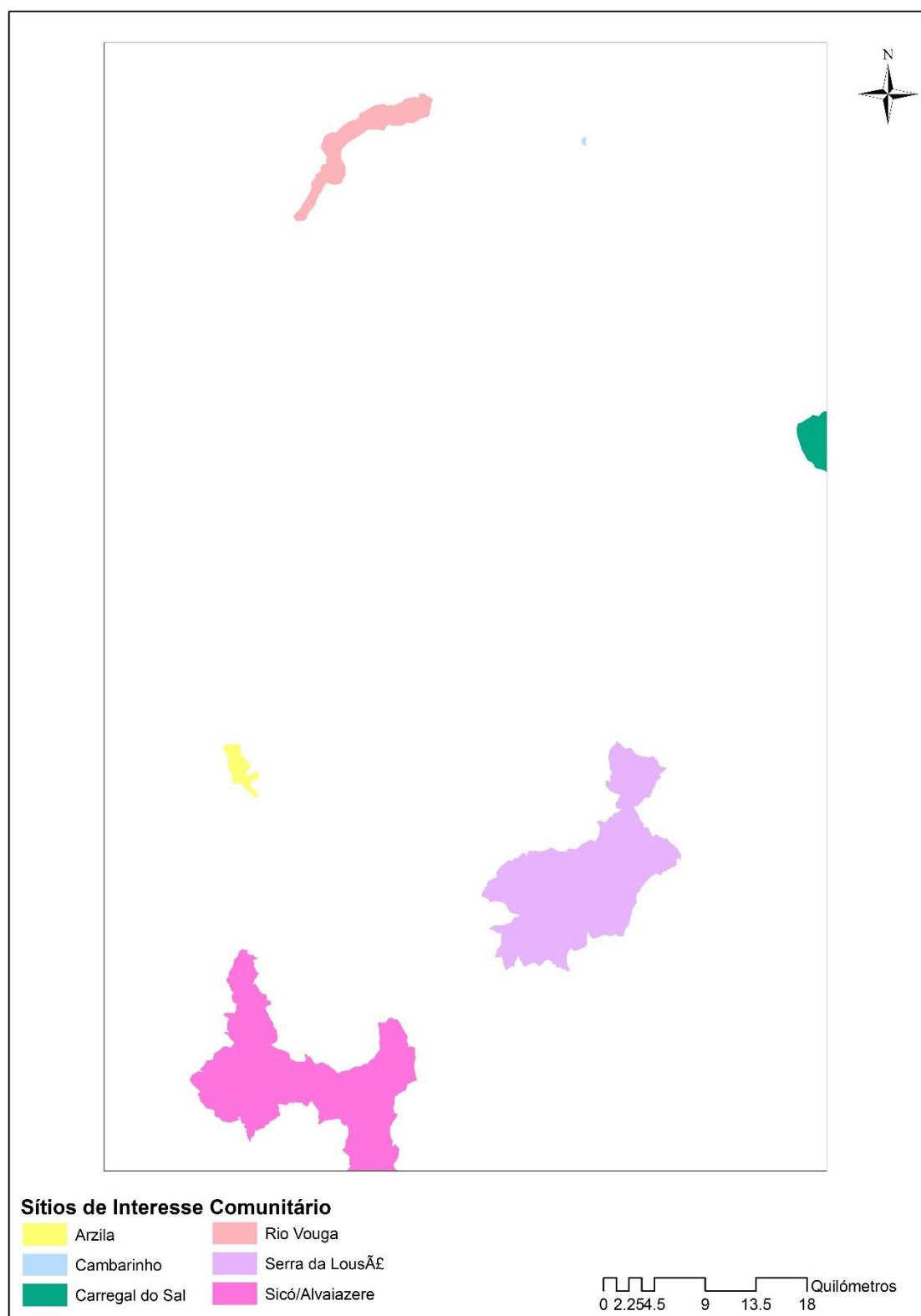


Figura 19 - Sítios de Interesse Comunitário dentro dos limites da área de estudo



Figura 20 - Zonas de Proteção Especial dentro dos limites área de estudo

3.3 Análise Espacial Multicritério para a definição da aptidão florestal

Através da Análise Multicritério com base em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), pretende-se determinar a aptidão florestal para várias espécies arbóreas autóctones para uma área da zona centro de Portugal continental. A utilização da Análise Multicritério permite uma melhor avaliação do problema e uma hierarquização mais consciente das prioridades a estabelecer para a resolução do mesmo. Para a definição da importância relativa dos critérios escolhidos para avaliar a aptidão recorreu-se à metodologia AHP (*Analytic Hierarchy Process*) onde foram comparados par-a-par os critérios.

3.3.1 Escolha das espécies para a definição de aptidão florestal

A escolha das espécies arbóreas autóctones foi feita com base na Carta Ecológica de Portugal de Pina Manique e Albuquerque, tendo-se determinado um total de 13 espécies. Destas foram apenas escolhidas as espécies com maior representatividade na área, ou seja, com um número de ocorrências igual ou superior a 20 como se pode observar na Figura 21. Existem 5 espécies que cumprem estes critérios: *Quercus suber* (Sobreiro), *Quercus robur* (Carvalho Alvarinho), *Pinus pinea* (Pinheiro Manso), *Pinus pinaster atlantica* (Pinheiro Bravo) e *Castanea sativa* (Castanheiro).

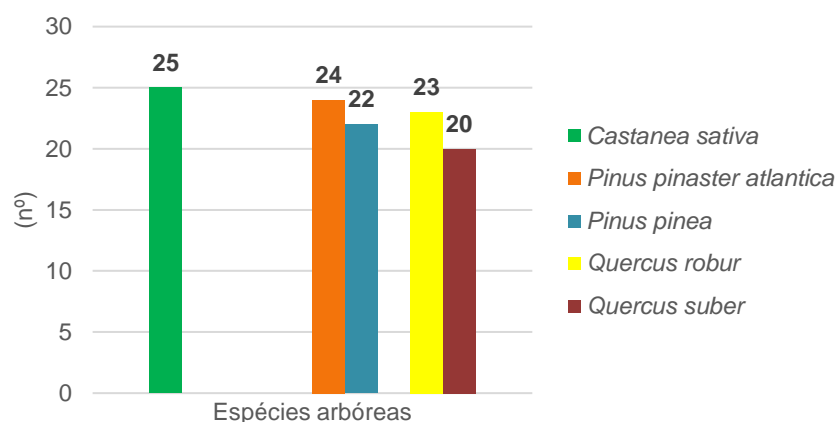


Figura 21 – Número de ocorrências de espécies arbóreas autóctones na área de estudo

É apresentada de seguida uma descrição destas espécies.

- **Carvalho-Alvarinho**

O Carvalho-alvarinho (*Quercus robur*) é uma espécie caducifólia que pode atingir os 45 metros de altura. Predomina ou acompanha outras espécies em bosques caducifólios, pinhais e matas. Em relação ao habitat, o Carvalho-alvarinho prefere matas em zonas de clima temperado (sem seca estival) e com solos profundos e frescos em substratos ácidos. A sua madeira é de elevada

qualidade sendo utilizada para o fabrico de mobília. Na Figura 22 é apresentada a distribuição desta espécie no território continental. (LPN, 2007).

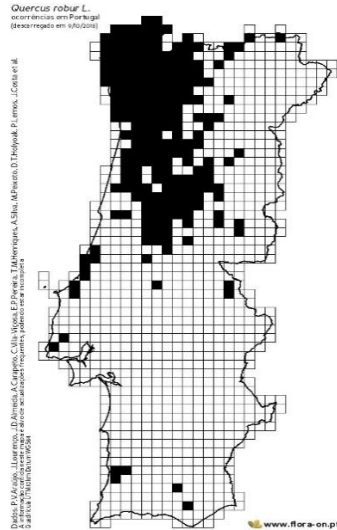


Figura 22 - Distribuição do Carvalho-alvarinho em Portugal. (Flora-On, 2018)

- **Castanheiro**

Castanea sativa é uma espécie arbórea caducifólia. Pode atingir os 30 metros de altura. Ocorre com maior frequência nas regiões montanhosas e/ou frias do interior. As opções de gestão desta espécie em povoamentos consistem em soutos e castinçais. O Castanheiro fornece vários produtos como castanhas, madeira e lenha. A Figura 23 apresenta a sua distribuição geográfica (LPN, 2007).

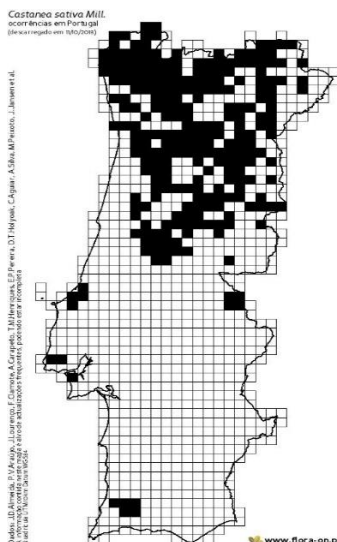


Figura 23 - Distribuição do Castanheiro em Portugal. (Flora-On, 2018)

- **Pinheiro-Bravo**

O pinheiro-bravo (*Pinus pinaster*) é uma espécie de conífera perenifólia, indígena no território português. Pode atingir cerca de 40 metros de altura. A espécie, embora com maior preferência por solos pobres em carbonatos de cálcio, soltos e arenosos, ocorre em todo o país, consequência das ações de reflorestação iniciadas no final do século XIX (LPN, 2007).

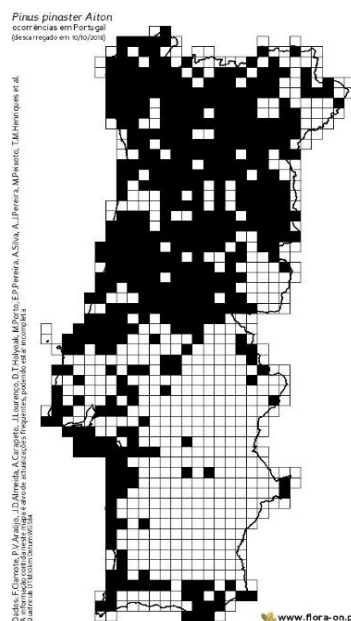


Figura 24 - Distribuição do Pinheiro-Bravo em Portugal (Flora-On, 2018)

- **Pinheiro-Manso**

O pinheiro-manso (*Pinus pinea*) é uma conífera perenifólia que atinge os 30 metros de altura, de copa abobadada. As suas sementes (pinhões) são comestíveis. Esta espécie foi muito cultivada pela madeira e pinhão. Na sua distribuição pelo território (Figura 25) mostra preferência por solos profundos e arenosos em zonas litorais, ocorrendo de forma espontânea na bacia do Sado (LPN,2007).

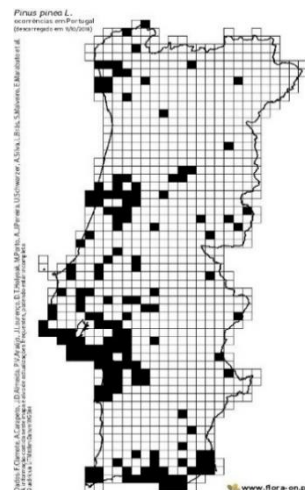


Figura 25 - Distribuição do Pinheiro-Manso em Portugal. (Flora-On, 2018)

- **Sobreiro**

O sobreiro (*Quercus suber*) é uma espécie folhosa perenifólia cuja copa pode atingir a altura de 20 metros. O sobreiro tem preferência pelo clima mediterrânico e evita solos derivados de calcários. Esta espécie é utilizada principalmente para a extração de cortiça, que pode ser feita várias vezes durante a vida das árvores. A sua distribuição pelo território português é muito variada como é possível observar na Figura 26 (LPN, 2007).

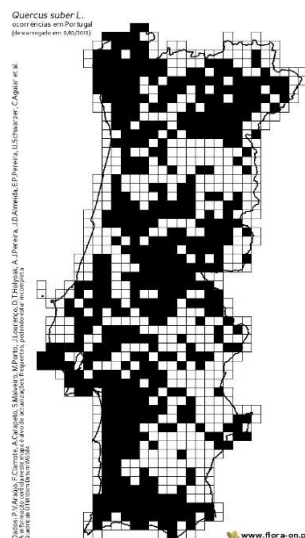


Figura 26 - Distribuição do Sobreiro em Portugal (Flora-On, 2018)

3.3.2 Identificação dos critérios utilizados

Os critérios escolhidos para a metodologia aplicada foram o declive, o tipo de solo e a aptidão bioclimática. Cada critério dará origem, numa primeira fase a um mapa temático de cada espécie na área de estudo.

- **Declive**

O declive é a inclinação morfológica do terreno (Figura 27). A escolha desta característica como um dos critérios principais para o desenvolvimento da metodologia deve-se ao facto do declive influenciar, de forma decisiva, muitos processos naturais como é o caso da meteorização e erosão dos solos. Este fenómeno resulta do efeito individual ou sinérgico da energia das gotas da chuva, da qualidade dos solos, do coberto vegetal, das práticas de gestão implementadas e do declive das vertentes (Imeson & Curfs, n.d.).

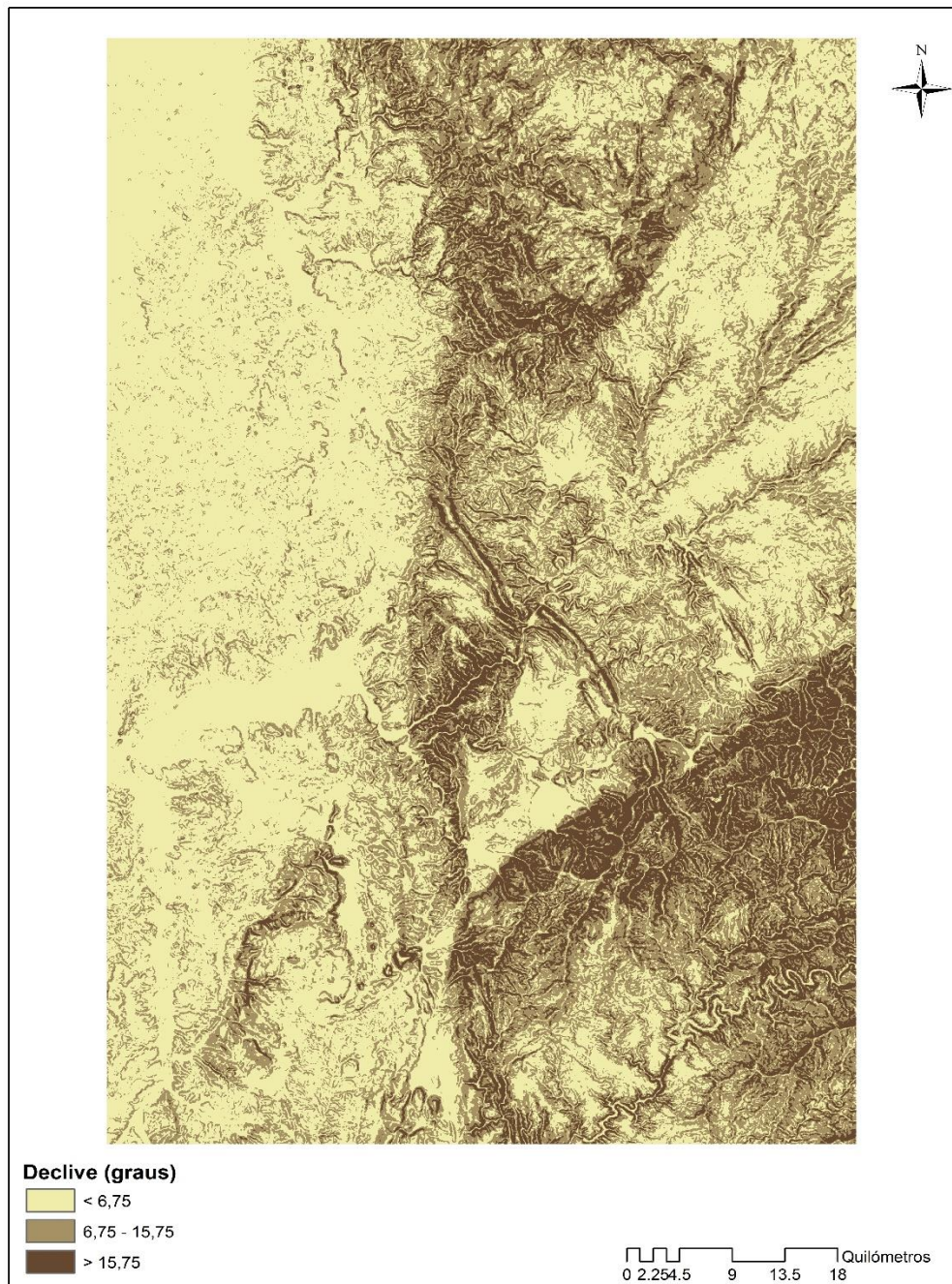


Figura 27 - Mapa do declive

- **Solo**

O critério solo foi um dos critérios utilizados para a aptidão florestal definida com esta metodologia. A litologia complexa da área de estudo, associada ao relevo acentuado, produz uma elevada variedade de diferentes famílias de solos que irão permitir uma maior ou menor capacidade de produção por parte das espécies arbóreas, consoante a sua qualidade e consoante a aptidão que as espécies arbóreas tenham para os mesmos.

O solo é um dos pilares da aptidão florestal pelo papel essencial que a qualidade dos solos desempenha na evolução das comunidades vegetais. O conceito de qualidade dos solos inclui a avaliação das propriedades e processos associados aos mesmos e a relação demonstrada que estes têm com o seu bom funcionamento enquanto componente essencial para o desenvolvimento dos ecossistemas florestais.

A manutenção e/ou melhoria da qualidade dos solos é um critério comum na avaliação da sustentabilidade dos ecossistemas florestais (Schoenholtz et al., 2000). As qualidades físicas e químicas do solo estão intrinsecamente relacionadas com a evolução dos ecossistemas florestais, tendo influência na saúde e produtividade dos mesmos.

- **Aptidão bioclimática**

O clima é um dos fatores mais importantes que condicionam a distribuição das espécies florestais. A utilização da informação bioclimática permite uma maior perceção da relação entre a distribuição geográfica das espécies e o seu “envelope climático”, nomeadamente no respeitante à amplitude térmica e à precipitação.

A aptidão bioclimática para cada espécie foi obtida através da plataforma EpicWebGIS, disponível em <http://epic-webgis-portugal.isa.ulisboa.pt/>, estando no Anexo II – Aptidão Bioclimática EPICWebGis, a visualização das mesmas na área de estudo.

3.3.3 Metodologia AHP

A AHP (*analytic hierarchy process*), foi a metodologia utilizada para definir a importância relativa de cada critério. A AHP considera os diversos critérios escolhidos e, através da comparação par-a-par, define quais os critérios mais importantes e quais os seus pesos. A matriz AHP é posteriormente sujeita a uma verificação de consistência de modo a garantir a validade dos pesos atribuídos a cada critério. Para a utilização da AHP recorreu-se a uma extensão para o Arcmap, disponível em <http://www.digital-geography.com/ahp-arcgis-10-x-using-python/#.VlvcXYrLIU>. Com esta ferramenta é possível atribuir o peso relativo a cada um dos critérios par-a-par de acordo com a escala seguinte:

(sejam os critérios em comparação, por exemplo, A e B)

- Atribui-se o valor 1 se o critério A e o critério B têm igual importância.

- Atribui-se o valor 3 se se pensa que o critério A é moderadamente mais importante do que o critério B.
- Atribui-se o valor 5 se se acredita que o critério A é convictamente mais importante do que o critério B.
- Atribui-se o valor 7 se se acredita, ou foi cientificamente provado que o critério A é mais importante do que o critério B.
- Atribui-se o valor 9 se está cientificamente comprovado que o critério A é mais importante que o critério B.
- Havendo dúvida entre dois dos níveis acima referidos, pode-se recorrer aos números pares.

O resultado desta ferramenta será uma matriz e um índice de consistência da mesma e a informação que permitirá ao utilizador saber se deverá repetir o processo ou se a matriz e os pesos atribuídos são válidos.

É apresentada na Tabela 1 o primeiro passo da metodologia AHP, a matriz criada, onde são atribuídos os pesos a cada uma das layers (camadas), sendo cada uma delas representativa de um dos critérios. Tomando por exemplo a interseção da linha “Solos” com a coluna “Declives”, encontra-se a célula com o valor “5”, o que significa que se acredita que o critério “Solos” é convictamente mais importante do que o critério “Declives”. Quando se passa para a situação inversa, ou seja, para a interseção entre a linha “Declives” com a coluna “Solos”, obtém-se também o valor inverso da classificação anteriormente atribuída (“5”), ou seja, o valor “0,2”.

Tabela 1 - Matriz AHP para definição da importância dos critérios utilizados na metodologia

Layer (Camada)	Aptidão Bioclimática	Solos	Declives
Aptidão Bioclimática	1	9	9
Solos	0,111111	1	5
Declives	0,111111	0,2	1

Pode-se observar que a aptidão bioclimática tem uma importância muito superior à dos solos e declive e que os solos têm uma importância superior à dos declives. Assim é estabelecida uma hierarquia entre os critérios, sendo o mais importante a aptidão bioclimática, de seguida os solos e finalmente os declives.

A segunda parte da metodologia consiste na atribuição do peso ponderado a cada critério e a avaliação da consistência da matriz através do IC (índice de consistência), do RC (rácio de

consistência) e RI (índice de consistência média). Não surgindo problemas de consistência, a matriz é considerada consistente e os pesos atribuídos válidos.

A Tabela 2 apresenta a segunda parte da metodologia AHP, os pesos obtidos para cada critério e o respetivo índice de consistência.

Tabela 2 - Matriz AHP com os índices de consistência associados

Layer (Camada)	Aptidão Bioclimática	Solos	Declives	Peso atribuído	IC	RI	RC	Notas
Aptidão Bioclimática	1	9	9	0,766844969	0,159043027	0,52	0,305851976	<i>A matriz é considerada suficientemente consistente</i>
Solos	0,111111	1	5	0,174093855	0,159043027	0,52	0,305851976	<i>A matriz é considerada suficientemente consistente</i>
Declives	0,111111	0,2	1	0,059061175	0,159043027	0,52	0,305851976	<i>A matriz é considerada suficientemente consistente</i>

3.3.4 Elaboração dos mapas de aptidão florestal para cada espécie arbórea

Para a criação dos mapas de aptidão florestal para cada uma das espécies arbóreas autóctones referidas anteriormente foram criados mapas temáticos referentes a cada um dos critérios e para cada uma das espécies. A aptidão bioclimática foi o primeiro critério a ser trabalhado. Como já referido, esta informação encontra-se disponível na plataforma EpicWebGIS, para cada uma das espécies, tendo nesta primeira fase apenas sido necessário o *clip* da informação, pelo limite da área de estudo (secção retangular).

A aptidão bioclimática de cada espécie encontra-se disponível em formato *raster*, apresentando valores de 1 e 0. Caso haja aptidão bioclimática para uma determinada espécie, num determinado pixel, este adquire valor 1, caso contrário adquire valor 0.

Na Figura 28 são apresentados todos os passos tomados no tratamento da informação bioclimática.

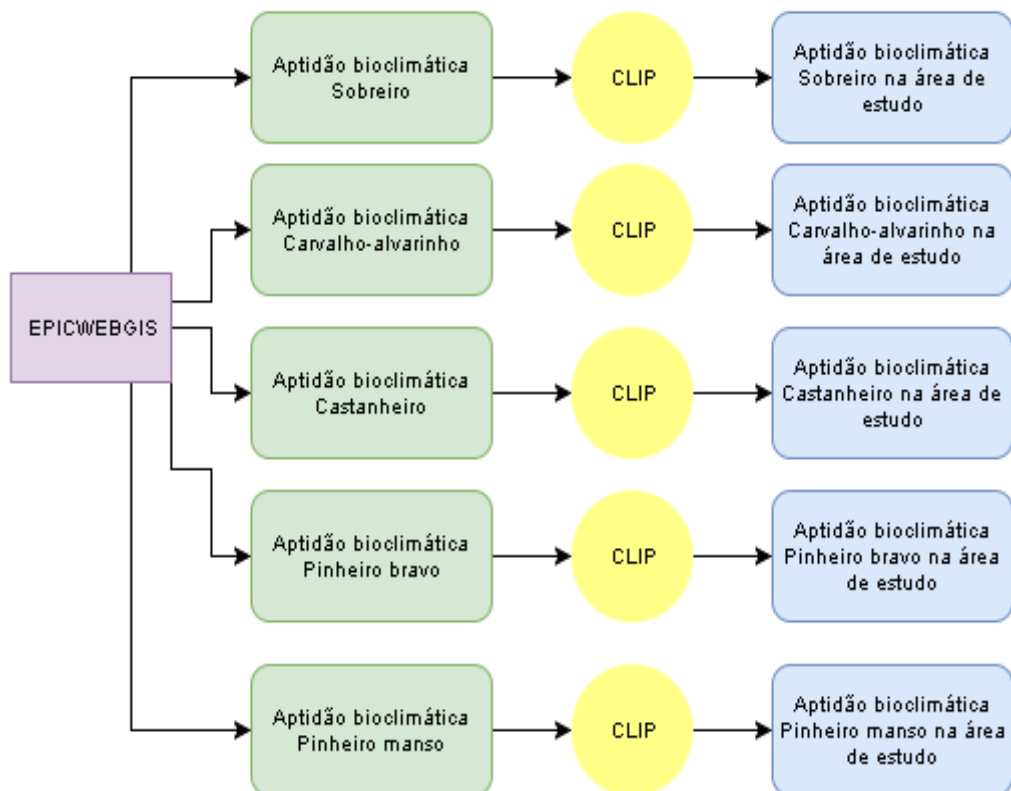


Figura 28 – Esquema metodológico para o tratamento da informação bioclimática

O declive do terreno utilizado na definição da aptidão florestal é um critério que não é alterável consoante a espécie em causa, assim sendo, o seu processamento e análise foram feitos apenas uma vez. O declive foi obtido a partir da altimetria com recurso à ferramenta *slope*, tendo-se obtido o tema *slopes ae*. Este foi sujeito a reclassificação de acordo com a metodologia definida por Ferreira et al. (2001), em 3 classes para distinguir os diferentes declives, correspondendo a classe 1 a baixos valores do declive e, portanto, a elevada aptidão para o desenvolvimento de espécies arbóreas. A classe 2 corresponde a um declive médio e de referência. A classe 3 corresponde a zonas mais declivosas, onde as espécies arbóreas têm mais dificuldade de desenvolvimento. Posteriormente é feita uma nova reclassificação, onde é invertida esta ordem, de modo a permitir a adição de camadas de maneira matematicamente coerente. Na Figura 29 são apresentados os passos dados no tratamento e análise da informação altimétrica.

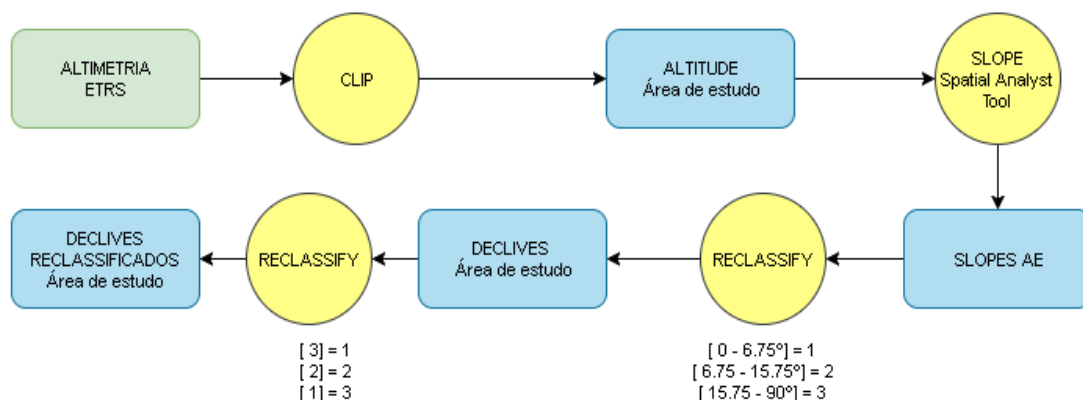


Figura 29 - Esquema metodológico para o tratamento e análise da informação altimétrica

O critério solos foi obtido através do processamento e análise da carta de solos de Portugal continental. Inicialmente, recorrendo à ferramenta de *clip*, restringiu-se a carta de solos à área de estudo. Através da operação de *field calculator* foi criado um campo na *shapefile* denominado *condflores*, onde foi atribuído um valor entre 1 e 12 aos tipos de solo presentes na área de estudo, consoante as suas características diagnóstico, de acordo com a metodologia definida por Ferreira et al. (2001). Segue-se a Tabela 3 com a atribuição das classificações a cada tipo de solo, com base nas suas características diagnóstico e a respetiva classificação.

Tabela 3 - Características diagnóstico das unidades de solo e respetiva classificação (adaptado de Ferreira et al, 2001)

Características Diagnóstico	Unidades de Solo	Classificação
Sem limitações	As não mencionadas	1
Profundidade expansível	Incipientes, litossolos, de regime xérico, derivados de arenitos xistos ou grauvaques. Argiluvitados, mediterrâneos, vermelhos ou amarelos, calcários ou não, normais, para barros, com laterite ou húmicos. Calcários, pardos de regime xérico, para litossolos.	2
Calcário ativo	Calcários, pardos ou vermelhos, de regime xérico, normais ou para barros.	3
Descontinuidade textural	Argiluvitados, mediterrâneos pardos, calcários ou não, normais ou para barros.	4

Características Diagnóstico	Unidades de Solo	Classificação
Características vérticas	Barros pretos, pardos ou castanho avermelhados, calcários ou não, muito, pouco ou não descarbonatados.	5
Salinidade	Halomórficos, salinos, de salinidade elevada ou moderada, de aluviões ou rochas detríticas.	6
Drenagem externa	Incipientes, aluviosolos, modernos ou antigos, calcários, não calcários ou não calcários húmicos. Incipientes, coluviosolos, calcários, não calcários ou não calcários húmicos.	7
Drenagem interna	Incipientes, regossolos, psamíticos, para hidromórficos. Argiluvitados, mediterrâneos pardos, calcários ou não, para hidromórficos. Podzolizados, podzois hidromórficos, com ou sem surraipa. Hidromórficos, com horizonte eluvial para aluviosolos, para regossolos, para barros, para argiluvitados. Hidromórficos, sem horizonte eluvial, planossolos ou planossólicos. Hidromórficos, orgânicos, turfosos.	8
Textura arenosa	Incipientes, regossolos, psamíticos, normais.	9
Espessura efetiva	Incipientes, litossolos, de regime xérico, derivados de granito, gnaiss, gabro ou quartzo.	10
Afloramento rochoso	Não Produtivo	11
Área social	Não Produtivo	12

Com recurso ao comando *polygon to raster* foi criado um mapa temático com o formato *raster*, designado *condifloresta*, onde todos os tipos de solos são identificados apenas por esta nova escala de 1 a 12. Numa fase posterior, foi feita uma reclassificação desta carta consoante a aptidão de cada uma das espécies, em 3 classes. A classe 1, onde a aptidão é acima da referência para a espécie em questão, classe 2 se a aptidão corresponde à referência e classe 3 se a aptidão está abaixo do referenciado para determinada espécie conforme disponível na Tabela 4. Esta reclassificação foi baseada no trabalho de Ferreira et al. (2001). Os resultados obtidos para as condicionantes florestais para cada uma das espécies estão disponíveis no Anexo I – Resultados Intermédios.

Tabela 4 - Aptidão das classes de solos para cada uma das espécies (adaptado de Ferreira et al., 2001)

Sobreiro	Carvalho-alvarinho	Castanheiro	Pinheiro Bravo	Pinheiro Manso
Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
1,2	1,2,4	1,2,4	1,2	1,2,9
Classe 2	Classe 2	Classe 2	Classe 2	Classe 2
4,7,9,10	5,7,8,9,10	5,7,8,9,10	4,8,9,10	3,7,10
Classe 3	Classe 3	Classe 3	Classe 3	Classe 3
3,5,6,8,11,12	3,6,11,12	3,6,11,12	3,5,6,7,11,12	4,5,6,8,11,12

Uma vez que a classificação de Ferreira et al. (2001) não contempla o Carvalho-Alvarinho, optou-se por utilizar a classificação definida para o Carvalho-Cerquinho, espécie próxima. Por fim, foi invertida a reclassificação para permitir a adição correta de camadas. Segue-se a Figura 30, onde são apresentados todos os procedimentos do processamento e análise do critério solos.

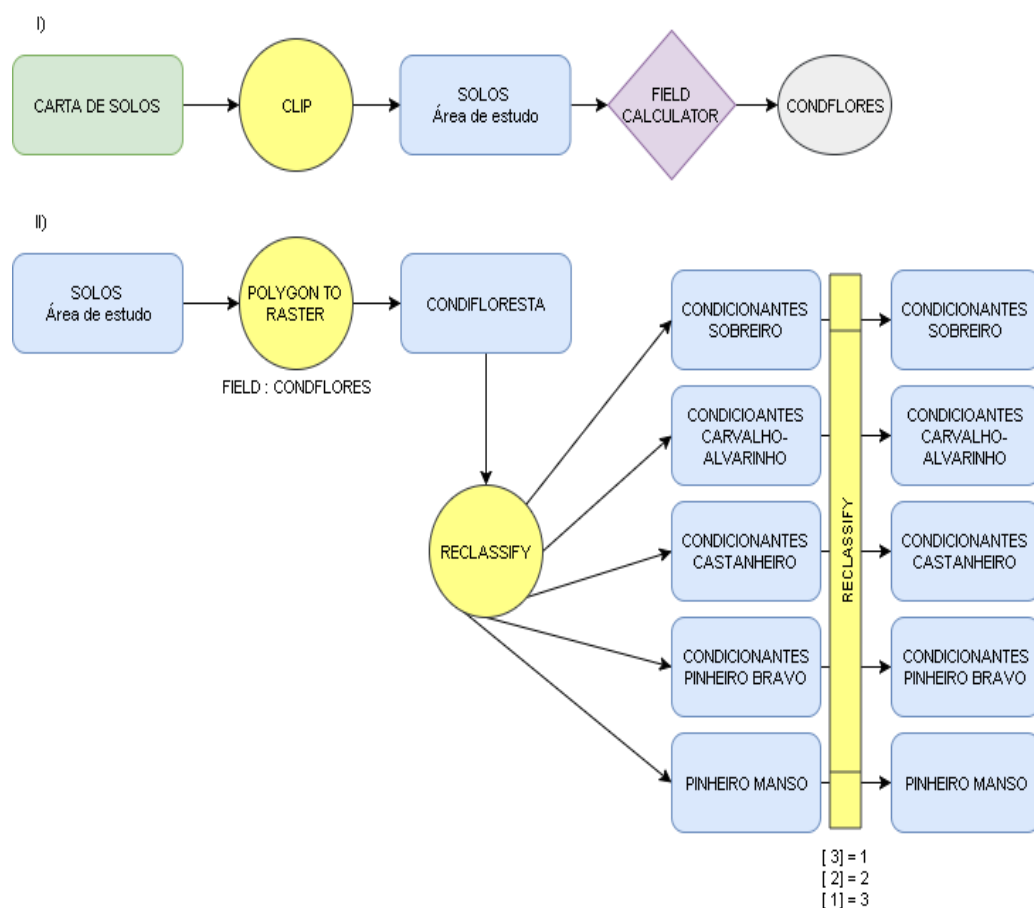


Figura 30 – Esquema metodológico para o processamento e análise da informação dos solos

Após o processamento e análise de todos os critérios presentes na metodologia definida, foram criadas 5 geodatabases, uma para cada uma das espécies em estudo. Em cada geodatabase foi adicionado um mapa temático das condicionantes florestais, um mapa temático dos declives

e uma carta de aptidão bioclimática, específica de cada espécie. Recorrendo à ferramenta WS (*weighted sum*), foi possível a adição dos vários mapas tendo em conta a sua ponderação resultante da metodologia AHP. Os resultados foram 5 mapas temáticos, um para cada espécie, onde se encontra definida para a área de estudo, a aptidão florestal numa escala de 1 a 3, onde 1 representa uma aptidão acima da referência, 2 uma aptidão florestal de acordo com a referência e 3 uma aptidão florestal abaixo do referenciado. De seguida é apresentado o esquema (Figura 31) deste último passo da metodologia, tendo como exemplo, o Sobreiro. Foi ainda criado um último mapa, resultado da soma das aptidões florestais finais de cada espécie.

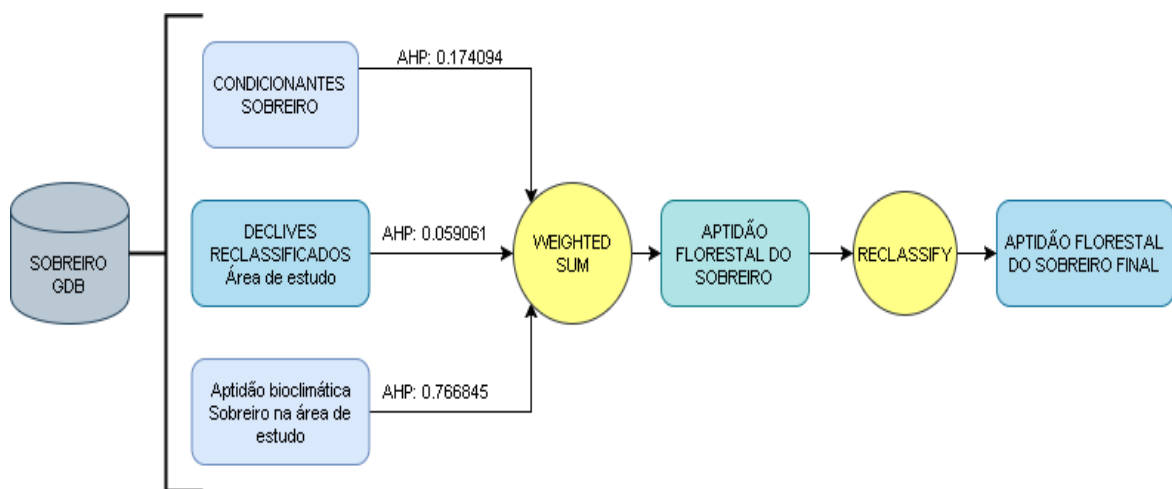


Figura 31 – Esquema metodológico para a definição aptidão florestal para o Sobreiro

4 Apresentação e discussão dos resultados

4.1 Análise aos mapas obtidos

As figuras seguintes apresentam os mapas temáticos obtidos para as várias espécies em estudo, um total de cinco mapas, referentes à aptidão florestal na área de estudo situada na zona centro de Portugal Continental. Como referido anteriormente, os mapas apresentam três classes ou níveis de aptidão. A aptidão acima da referência para a espécie em causa tem valor igual a 1, a aptidão igual à referência tem valor igual a 2 e a aptidão abaixo da referência valor igual a 3. Estes valores são o resultado da ponderação dos critérios utilizados (declive, solos e aptidão bioclimática), obtida através da metodologia AHP e aplicada numa adição de camadas (*weighted sum*). Em todos os mapas produzidos existem áreas em branco dentro da área de estudo, áreas onde não foi possível a definição da aptidão para nenhuma das espécies uma vez que existe uma lacuna de informação relativa ao tipo de solo. Assim, em toda a análise e discussão estas áreas serão designadas por áreas não definidas.

4.1.1 Aptidão Florestal para o Carvalho-Alvarinho

A aptidão para o Carvalho-Alvarinho na área de estudo é predominantemente ditada pela aptidão bioclimática da espécie. O Carvalho-alvarinho tem maior aptidão a noroeste do território português. Na área de estudo, localizada na zona centro do país, a aptidão verifica-se a nordeste da mesma, como é possível observar na Figura 32. Na Figura 33 e no Anexo III – Classes de aptidão florestal, é perceptível uma aptidão de 60% acima ou igual à referência para a espécie. Cerca de 30% da área de estudo não é dada como apta para o desenvolvimento do Carvalho-Alvarinho.

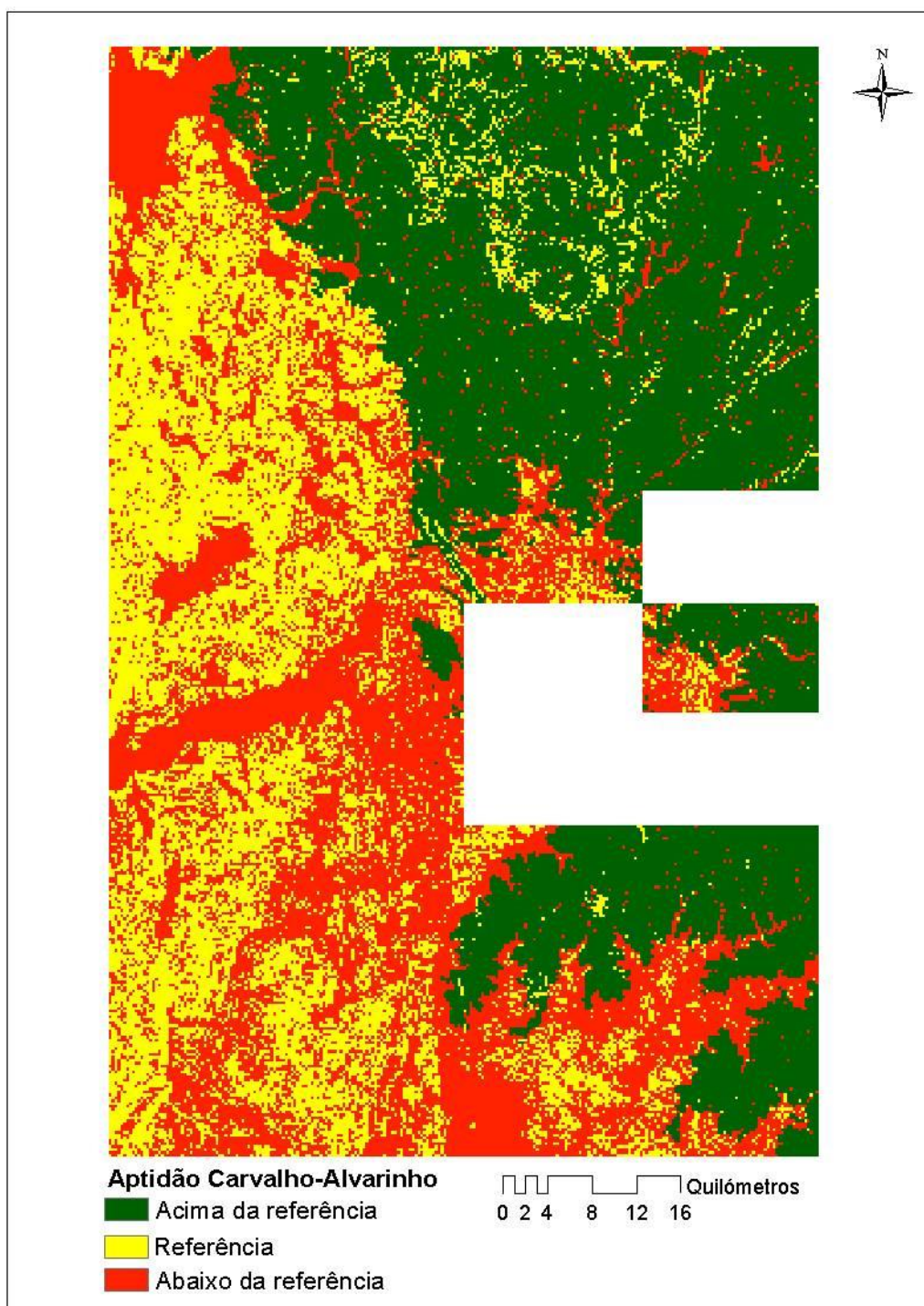


Figura 32 - Aptidão para o Carvalho-Alvarinho

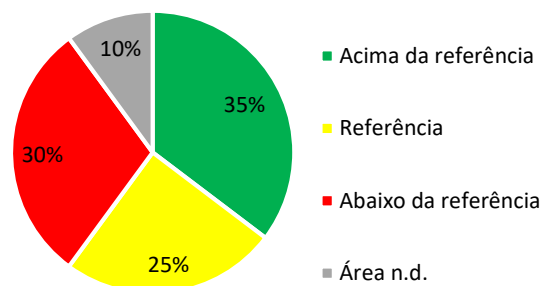


Figura 33 - Representatividade (%) das várias classes de aptidão para o Carvalho-Alvarinho

Comparativamente aos resultados obtidos pelo projeto EPICWebGis (Tabela 5 e

Tabela E - Valores obtidos para a aptidão florestal do Sobreiro

Aptidão Sobreiro	Classe	Contagem Pixéis	Área (m ²)	%
Acima da referência	1	0	0	0%
Referência	2	483	32650800	1%
Abaixo da referência	3	84694	5725314400	89%
Área n.d.	(n.d.)	(n.d.)	641919842,24	10%

Anexo IV – Aptidão Integrada EPICWebGis) para a aptidão integrada do Carvalho-Alvarinho pode-se observar que o mapa se assemelha ao da presente dissertação, no referente à classe aptidão acima da referência. O mesmo não se verifica para as classes referência ou abaixo da referência, pois no mapa do EPICWebGis as áreas correspondentes a estas classes surgem como áreas sem aptidão para a espécie.

Tabela 5 - Aptidão Integrada para o Carvalho-Alvarinho (EPICWebGis)

Aptidão	Contagem de Pixéis	(%)
Com aptidão	3595128	35%
Sem aptidão	6644872	65%

No mapa da Figura 22 - Distribuição do Carvalho-alvarinho em Portugal. (Flora-On, 2018), as zonas de ocorrência da espécie correspondem, na maioria, a zonas de aptidão acima da referência.

4.1.2 Aptidão Florestal para o Castanheiro

O Castanheiro apresenta aptidão na área de estudo (Figura 34) muito semelhante à do carvalho-Alvarinho. Ambas as espécies têm preferência por regiões montanhosas ou frescas, verificando-se a sua existência, normalmente em simultâneo, no interior do Centro e Norte do país.

Combinando a aptidão acima e igual à referência obtém-se um total de 57% da área de estudo com boas ou muito boas condições para a implementação e desenvolvimento da espécie (Figura 35 e Anexo III – Classes de aptidão florestal).

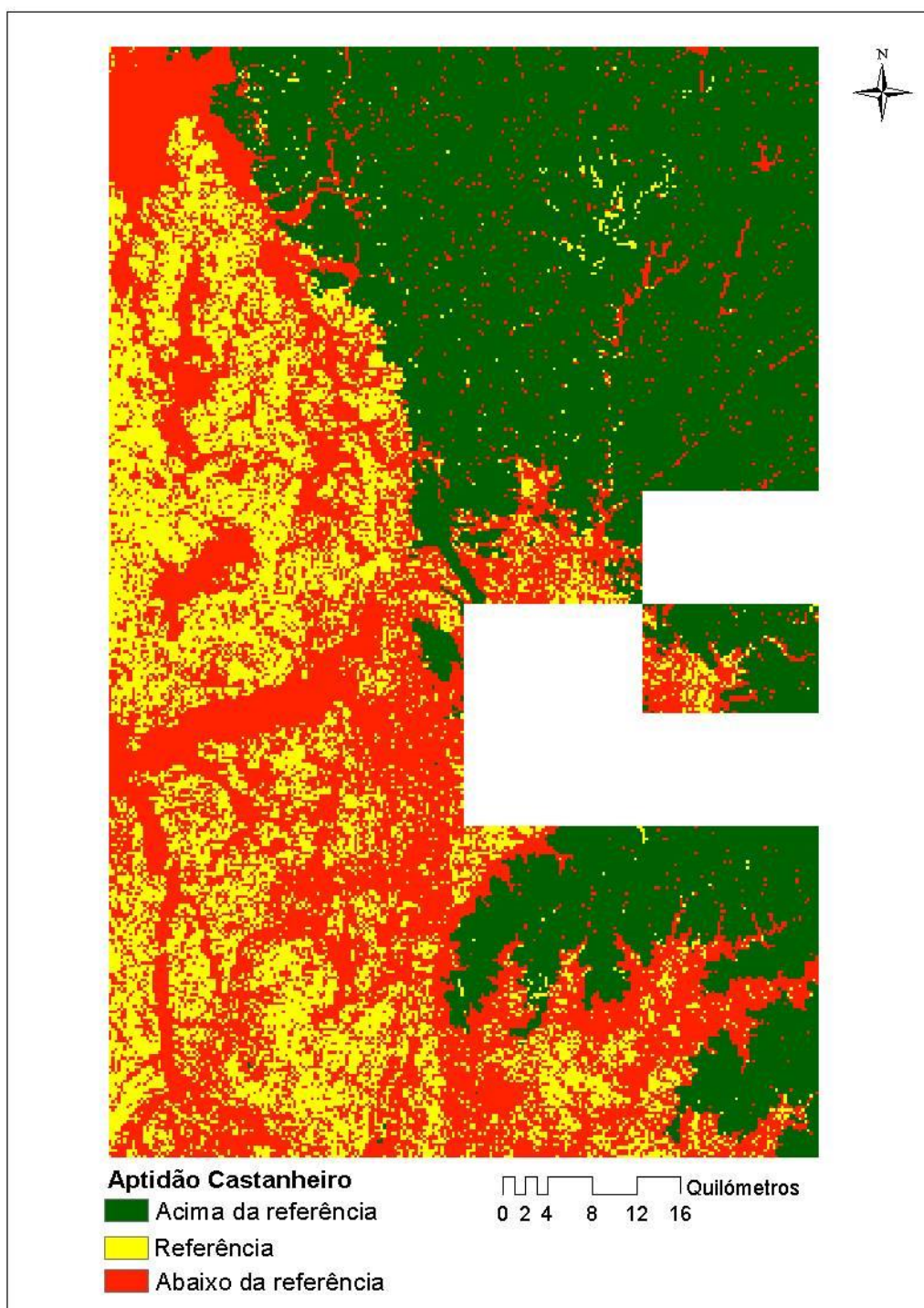


Figura 34 - Aptidão florestal para o Castanheiro

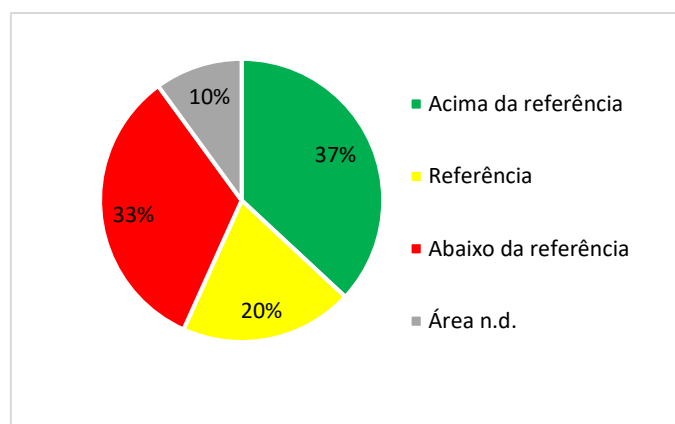


Figura 35 - Representatividade (%) das várias classes de aptidão para o Castanheiro

Comparativamente ao demonstrado por EPICWebGis(Tabela 6 e

Tabela E - Valores obtidos para a aptidão florestal do Sobreiro

Aptidão Sobreiro	Classe	Contagem Pixéis	Área (m ²)	%
Acima da referência	1	0	0	0%
Referência	2	483	32650800	1%
Abaixo da referência	3	84694	5725314400	89%
Área n.d.	(n.d.)	(n.d.)	641919842,24	10%

Anexo IV – Aptidão Integrada EPICWebGis), também à semelhança do que ocorreu com o Carvalho-Alvarinho, a aptidão designada por acima da referência corresponde quase na totalidade, à área definida como apta, dividindo-se a área não apta nas duas classes aqui designadas por referência e abaixo da referência.

Tabela 6 - Aptidão Integrada para o Castanheiro (EPICWebGis)

Aptidão	Contagem de Pixéis	
Com aptidão	4159473	41%
Sem aptidão	6080527	59%

Como já referido anteriormente, devido à preferência climática do Castanheiro, esta espécie ocorre no interior do Norte e do Centro de Portugal continental. Na área de estudo é possível verificar na (Figura 23 - Distribuição do Castanheiro em Portugal. (Flora-On, **2018**), que esta espécie ocorre mais na zona centro e nordeste.

4.1.3 Aptidão Florestal para o Pinheiro-Bravo

Bioclimaticamente o Pinheiro-bravo apresenta aptidão para praticamente toda a área de estudo, sendo as condicionantes florestais a criar as principais diferenças entre as classes de aptidão

consideradas. Esta espécie tem aptidão para colonizar praticamente toda a área (Figura 36). A aptidão florestal para o Pinheiro-bravo é a que, de entre todas as espécies utilizadas nesta metodologia, possui maior expressão na área de estudo, apresentando para a referência e para acima da referência aptidões de 77% e de 2%, respectivamente (Figura 37 e Anexo III – Classes de aptidão florestal).

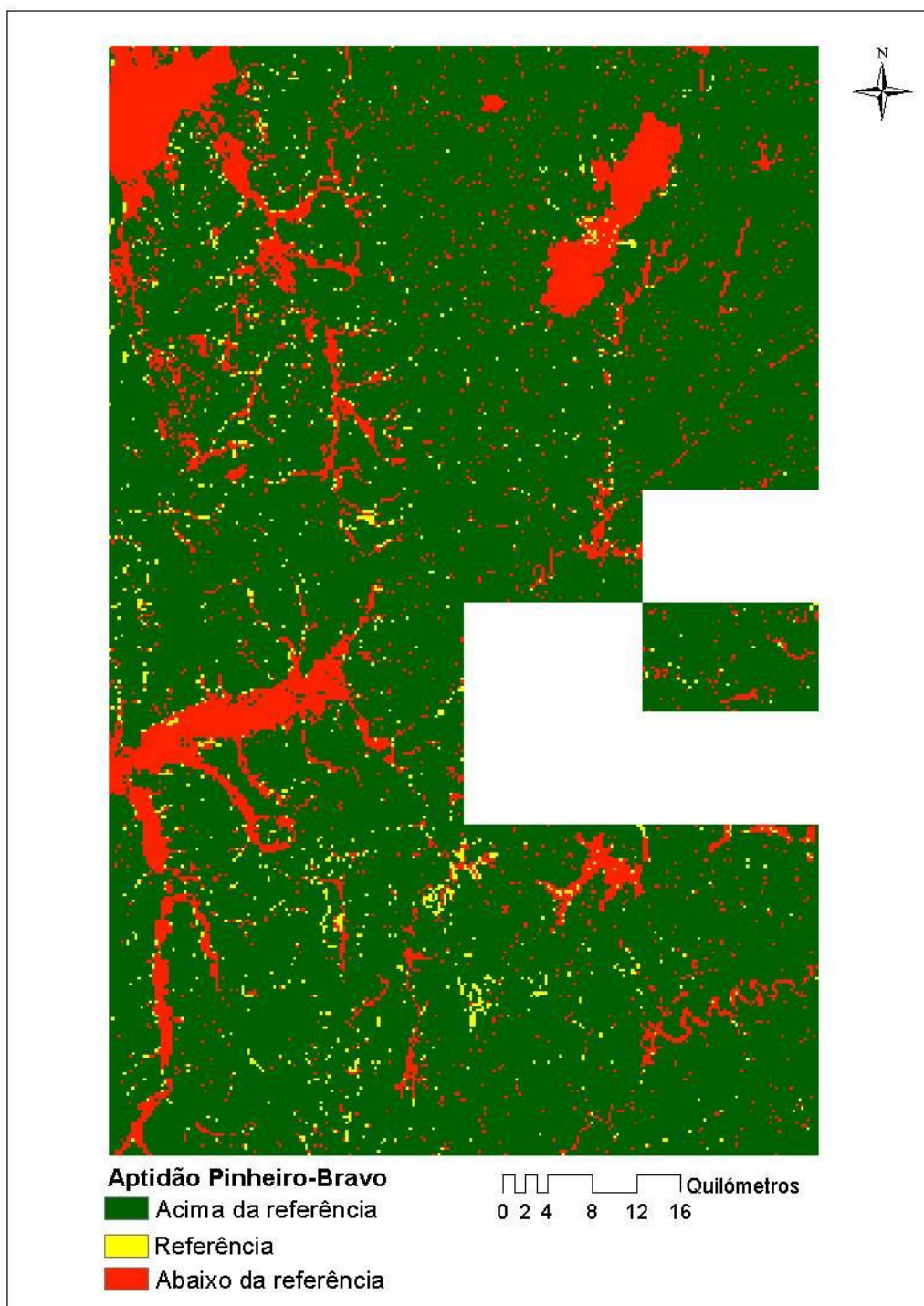


Figura 36 - Aptidão Florestal para o Pinheiro-Bravo

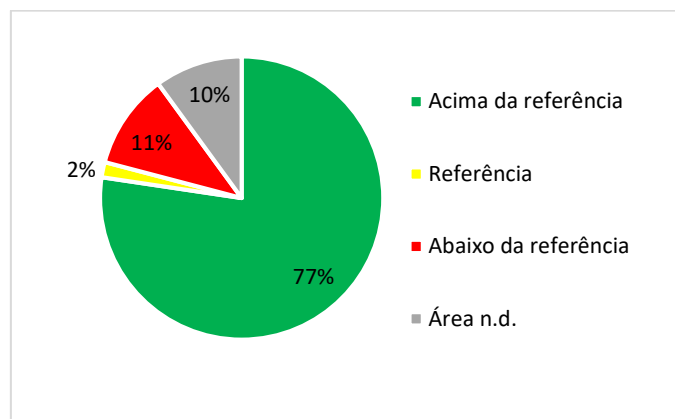


Figura 37 - Representatividade (%) das várias classes de aptidão para o Pinheiro-Bravo

Em comparação à aptidão integrada para o pinheiro-bravo obtida pela plataforma EPICWebGis (Tabela 7 e

Tabela E - Valores obtidos para a aptidão florestal do Sobreiro

Aptidão Sobreiro	Classe	Contagem Pixéis	Área (m ²)	%
Acima da referência	1	0	0	0%
Referência	2	483	32650800	1%
Abaixo da referência	3	84694	5725314400	89%
Área n.d.	(n.d.)	(n.d.)	641919842,24	10%

Anexo IV – Aptidão Integrada EPICWebGis), é perceptível a semelhança entre o conjunto das áreas de aptidão de referência e acima da referência da presente dissertação e as áreas com aptidão integrada para a espécie. As áreas com aptidão abaixo da referência coincidem, na maioria, com as áreas sem aptidão integrada. Esta correspondência deve-se essencialmente ao peso que a aptidão bioclimática assume na metodologia utilizada. Ainda, existindo aptidão bioclimática para a espécie numa grande extensão da área de estudo, não são visíveis diferenças maiores entre resultados por destaque das condicionantes florestais e/ou dos declives.

Tabela 7 - Aptidão Integrada para o Pinheiro-Bravo (EPICWebGis)

Aptidão	Contagem de Pixéis	(%)
Com aptidão	7160528	70%
Sem aptidão	3079472	30%

A atual distribuição da espécie no território português é muito vasta, mas com maior expressão nas áreas costeiras e no Norte e Centro (Figura 24), onde se localiza a área de estudo. Embora esta espécie tenha preferência por solos pobres em carbonato de cálcio, soltos e arenosos, a espécie foi plantada/semada em praticamente em todo o país, resultado das campanhas de

arborização iniciadas em 1886, ainda que não tenha tido sucesso em muitas zonas devido a falta de adequação bioclimática.

4.1.4 Aptidão Florestal para o Pinheiro-Manso

O Pinheiro-Manso é a segunda espécie, de entre as selecionadas, que menor aptidão apresenta para a área de estudo (Figura 38). As condicionantes florestais existentes na área pressupõem uma boa aptidão para a espécie, sendo esta condicionada pelos critérios bioclimáticos. Pela Figura 39 e Anexo III – Classes de aptidão florestal, é possível verificar que apenas 39% da área de estudo é considerada apta para o Pinheiro-manso (classes iguais ou acima da referência).



Figura 38 - Aptidão para o Pinheiro-Manso

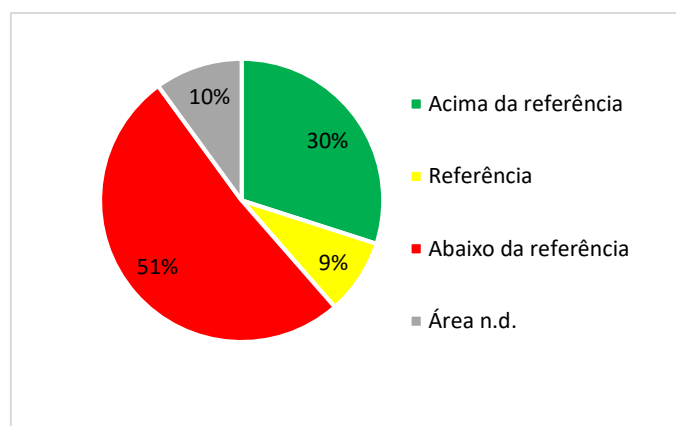


Figura 39 - Representatividade (%) das várias classes de aptidão para o Pinheiro-Manso

À semelhança do que acontece com outras espécies, os resultados obtidos pelo projeto EPICWebGis representados na Tabela 8 e

Tabela E - Valores obtidos para a aptidão florestal do Sobreiro

Aptidão Sobreiro	Classe	Contagem Pixéis	Área (m ²)	%
Acima da referência	1	0	0	0%
Referência	2	483	32650800	1%
Abaixo da referência	3	84694	5725314400	89%
Área n.d.	(n.d.)	(n.d.)	641919842,24	10%

Anexo IV – Aptidão Integrada EPICWebGis, são muito similares aos da presente dissertação, na coincidência das áreas não aptas com as áreas definidas como aptas abaixo da referência e coincidência das áreas com aptidão com o conjunto das áreas com aptidão igual ou acima da referência. Apesar dos vários critérios utilizados na aptidão integrada definida pelo projeto EPICWebGis, quer pela metodologia aqui definida, em ambas é evidente a importância da aptidão bioclimática. Na área de estudo a espécie ocorre principalmente na zona central, coincidindo com as áreas de aptidão igual ou acima da referência.

Tabela 8 - Aptidão Integrada para o Pinheiro-Manso (EPICWebGis)

Aptidão	Contagem de Pixéis	
Com aptidão	3260145	32%
Sem aptidão	6979855	68%

4.1.5 Aptidão Florestal para o Sobreiro

A aptidão para o Sobreiro resultou da conjugação dos declives e das condicionantes florestais (características dos solos) que, somadas, correspondem a cerca de 30% da ponderação

estimada através da AHP. A Figura 40 apresenta o mapa da aptidão para o Sobreiro e a Figura 41 e a

Tabela (disponível no Anexo III – Classes de aptidão florestal), a representatividade das várias classes de aptidão. Verifica-se que a maior parte da área de estudo é muito pouco favorável para esta espécie. Cerca de 89% da área está abaixo do referenciado para espécie e só 1% da área apresenta aptidão igual à referência para a espécie.

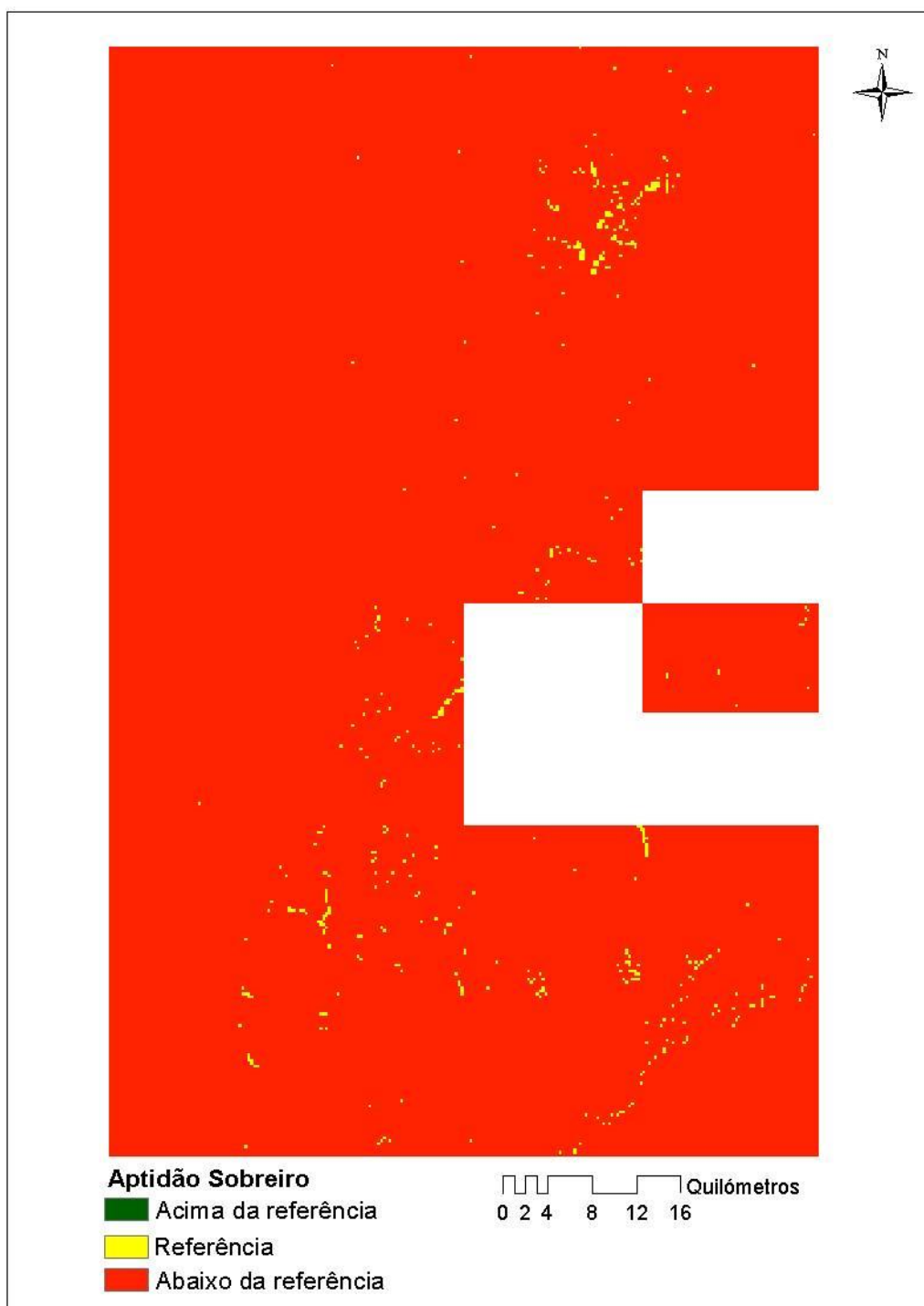


Figura 40 - Aptidão florestal para o Sobreiro

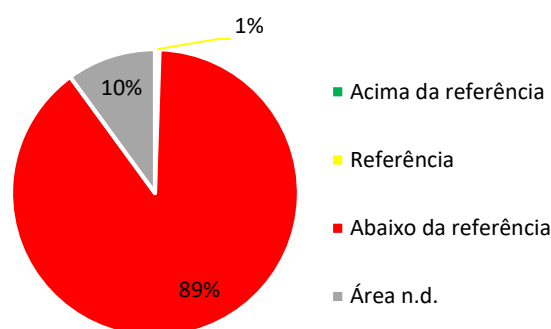


Figura 41 - Representatividade (%) das várias classes de aptidão para o Sobreiro

A aptidão do Sobreiro revelou ser a mais baixa, em relação a todas às espécies estudadas, indo ao encontro dos resultados apresentados por Mesquita & Capelo (2015) que referem que a área de estudo não apresenta aptidão, em termos bioclimáticos, para esta espécie. No entanto, como se pode observar na Figura 28 (Flora-On, 2018), o Sobreiro tem potencial para colonizar a área estudada. Comparativamente aos resultados obtidos pelo projeto EPICWebGis (

Tabela E - Valores obtidos para a aptidão florestal do Sobreiro

Aptidão Sobreiro	Classe	Contagem Pixéis	Área (m ²)	%
Acima da referência	1	0	0	0%
Referência	2	483	32650800	1%
Abaixo da referência	3	84694	5725314400	89%
Área n.d.	(n.d.)	(n.d.)	641919842,24	10%

Anexo IV – Aptidão Integrada EPICWebGis), para a aptidão integrada para o Sobreiro, definida apenas em dois níveis, onde é atribuído o valor 0 se não existe aptidão e o valor 1 se existe aptidão, a área de estudo não tem aptidão para esta espécie, tal como é possível verificar na Tabela 9.

Tabela 9 - Aptidão Integrada para o Sobreiro (EPICWebGis)

Aptidão	Contagem de Pixéis	(%)
Com aptidão	0	0%
Sem aptidão	10240000	100%

Os resultados obtidos são semelhantes a outros autores no respeitante à aptidão da área de estudo para o Sobreiro, ainda assim é verificada a presença considerável da espécie na área de estudo.

4.2 Aptidão florestal na área de estudo

De modo a analisar a área de estudo de forma global, comparam-se as várias espécies estudadas por níveis de aptidão, pondo em destaque a aptidão absoluta de cada espécie e em cada nível. Dentro do mesmo nível de aptidão, assume-se que uma espécie que possua uma

maior área (ou percentagem), seja mais apta no caso de se estar a observar o nível de referência ou acima da referência, e que seja menos apta se se estiver a observar o nível abaixo da referência.

Como se pode observar na Tabela 10 e Figura 42, a espécie que apresenta maior aptidão acima da referência é o Pinheiro-Bravo, que se deve essencialmente à aptidão bioclimática da espécie que é vasta na área de estudo. O castanheiro e o carvalho-alvarinho, pela idêntica preferência nas características bioclimáticas e solos, surgem com a mesma percentagem, podendo afirmar-se que havendo aptidão para uma das espécies existirá uma forte probabilidade de a outra também ocorrer. O Pinheiro-Manso aparece a seguir, apresentando uma aptidão de cerca de 30% para a área de estudo. O Sobreiro não possui aptidão acima da referência.

Tabela 10 - Aptidão acima da referência

Acima da referência	Área (ha)	Área (%)
Aptidão Carvalho-Alvarinho	225310,8	35%
Aptidão Castanheiro	236343,12	37%
Aptidão Pinheiro-Bravo	495055,08	77%
Aptidão Pinheiro-Manso	191720,36	30%
Aptidão Sobreiro	0	0%

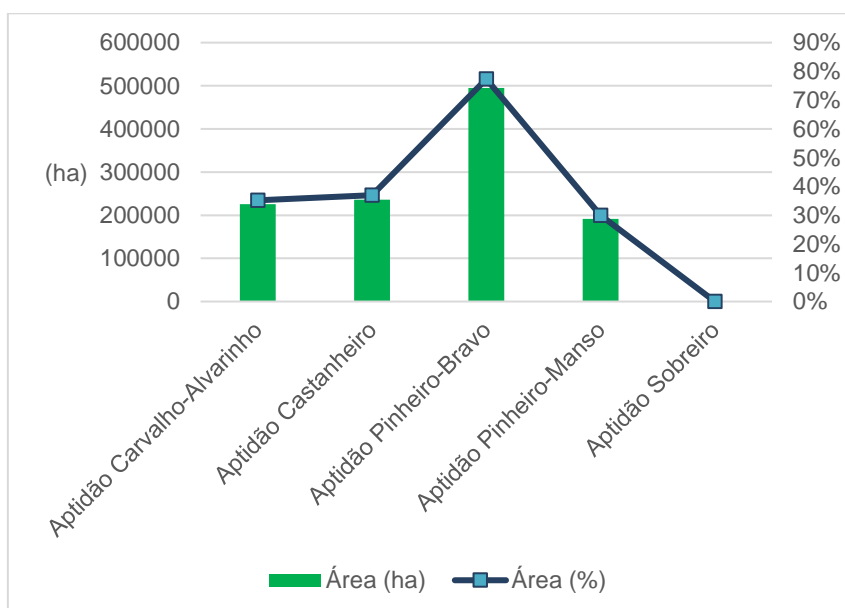


Figura 42 - Aptidão acima da referência por espécie

Quanto à aptidão igual à referência (classe 2) para cada espécie, na área de estudo, as áreas e respectivas percentagens identificadas nesta classe são, na sua maioria, áreas que não possuem aptidão bioclimática para a espécie, mas que apresentam solos e declives com aptidões acima ou iguais à referência e, portanto, propícios ao seu desenvolvimento. Como se verifica na Tabela 11 e Figura 43, o Carvalho-alvarinho surge como a espécie com maior aptidão de referência para

a área de estudo, seguindo-se o Castanheiro e o Pinheiro-Manso com 20% e 9%, respetivamente, e o Pinheiro-Bravo com 2%. Por último, surge como verificado também para a aptidão acima da referência, o Sobreiro com uma de área de aptidão muito reduzida, correspondendo a cerca de 1%.

Tabela 11 - Aptidão de referência

Referência	Área (ha)	Área (%)
Aptidão Carvalho-Alvarinho	157974,44	25%
Aptidão Castanheiro	126777,04	20%
Aptidão Pinheiro-Bravo	11106,68	2%
Aptidão Pinheiro-Manso	55107,52	9%
Aptidão Sobreiro	3265,08	1%

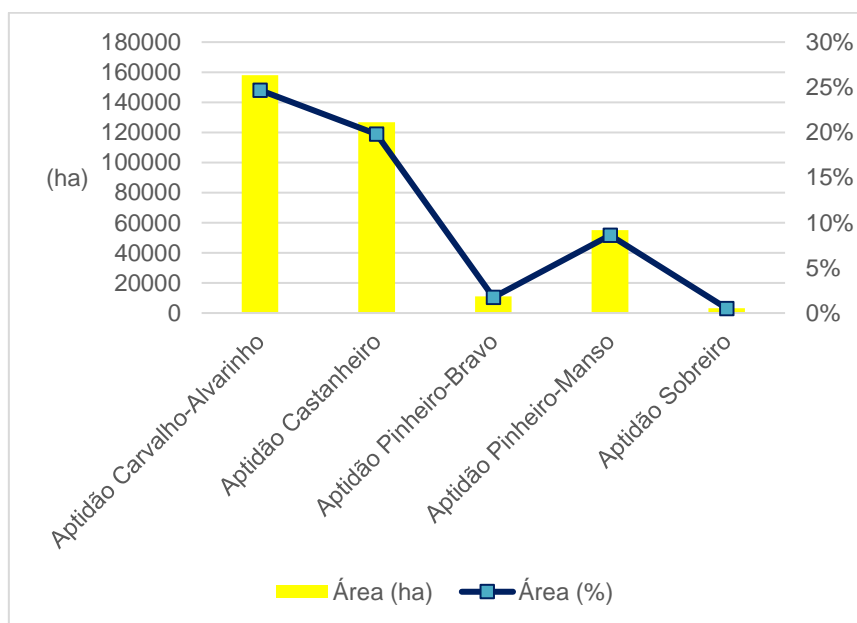


Figura 43- Aptidão de referência por espécie

No último nível de aptidão, o nível abaixo da referência, a situação inverte-se em relação ao verificado nos outros níveis, como era expectável. As áreas identificadas neste nível correspondem, na maioria dos casos, a áreas sem aptidão bioclimática e com solos e declives de classe igual ou abaixo da referência. Como se verifica na Tabela 12 e na Figura 44, a aptidão para o Sobreiro assume o valor mais alto, de 89%, ou seja, praticamente toda a área de estudo apresenta condições abaixo da referência ou é inapta por completo à implementação e

desenvolvimento da espécie. As restantes espécies apresentam valores significativamente mais baixos neste nível, indo também de acordo ao verificado nos restantes níveis.

Tabela 12 - Aptidão abaixo da referência

Abaixo da Referência	Área (ha)	Área (%)
Aptidão Carvalho-Alvarinho	190483,28	30%
Aptidão Castanheiro	212676,36	33%
Aptidão Pinheiro-Bravo	69634,76	11%
Aptidão Pinheiro-Manso	328968,64	51%
Aptidão Sobreiro	572531,44	89%

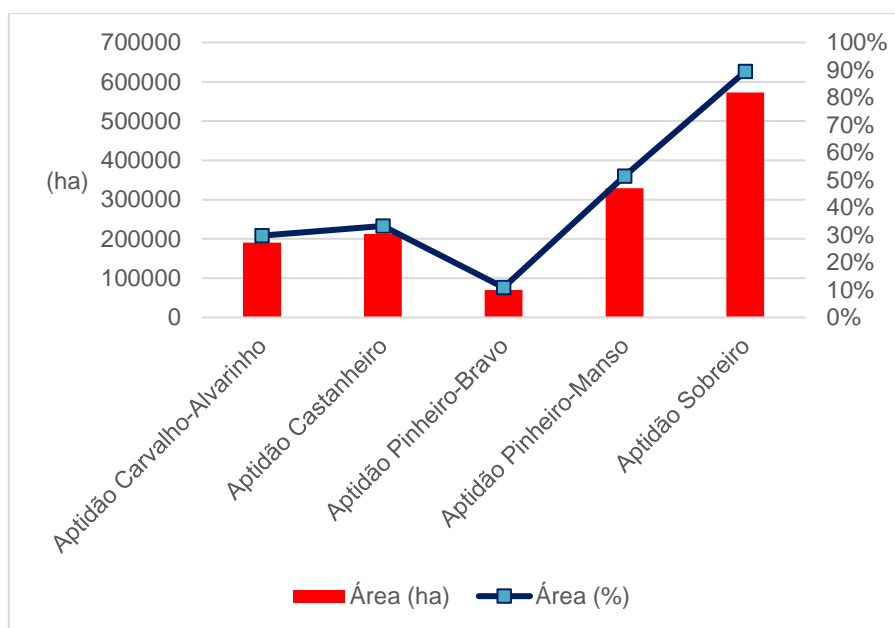


Figura 44 - Aptidão abaixo da referência por espécie

Para uma maior percepção da localização das áreas mais aptas, foi criado um mapa com a soma da aptidão das cinco espécies. Como já referido a classificação engloba três níveis: 1 (acima da referência), 2 (igual à referência) e 3 (abaixo da referência). Para esta adição de camadas ser algebricamente coerente e permitir uma interpretação facilitada foram invertidos os níveis, ou seja, 1 (abaixo da referência), 2 (igual à referência) e 3 (acima da referência). O resultado foi o mapa da Figura 45, onde o maior valor corresponde aos locais onde existe maior aptidão para o conjunto mais vasto de espécies. Idealmente, caso existissem áreas onde houvesse aptidão combinada para todas as espécies em estudo, existiria o valor 15, correspondente à soma das

aptidões das cinco espécies, nas áreas acima da referência (valor 3). O valor mais elevado obtido neste mapa é de 14, o que significa que existem áreas onde 4 espécies possuem aptidão florestal acima da referência, e uma espécie apresenta aptidão igual à referência. No outro lado do espectro existem as zonas (a vermelho), onde a aptidão combinada adquire valor 5, o que se traduz em áreas onde a aptidão para todas as espécies é abaixo da referência (valor 1). Observando a Tabela 13, é possível ainda perceber que a área com maior aptidão para o maior número de espécies representa um valor muito reduzido da área de estudo, cerca de 0,02%.

Tabela 13 - Aptidão combinada das espécies

Aptidão Combinada	(ha)	(%)
5	39491,92	6%
6	9443,72	1%
7	69344,08	11%
8	29264,04	5%
9	130102,96	20%
10	18529,16	3%
11	211723,2	33%
12	9497,8	1%
13	58284,72	9%
14	114,92	0%
Área n.d.	64191,98	10%

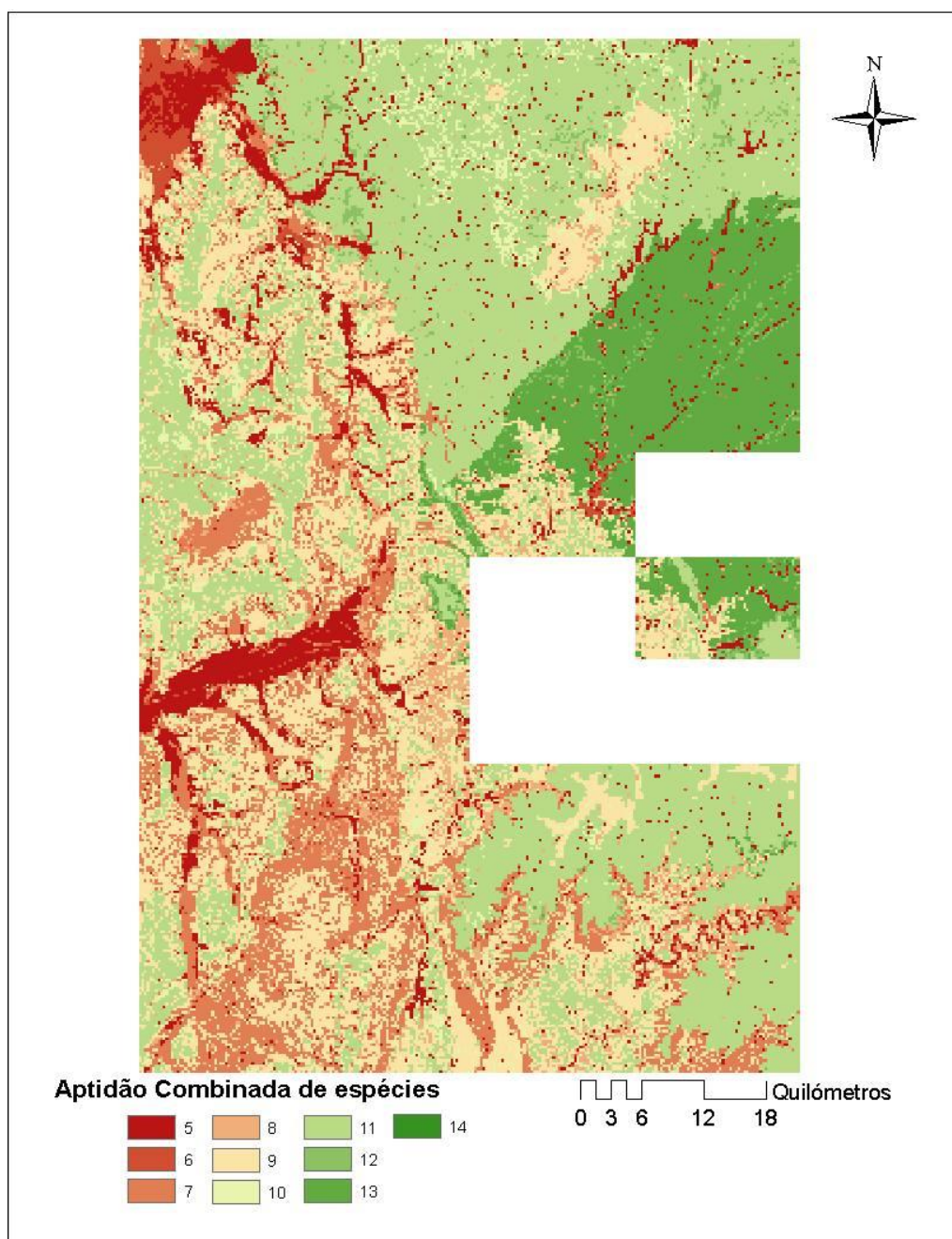


Figura 45 - Aptidão combinada das espécies

5 Conclusões

5.1 Principais conclusões

Este capítulo pretende ser a síntese do trabalho desenvolvido na dissertação. Apresenta ainda algumas das dificuldades encontradas no desenvolvimento do trabalho e recomendações para a replicação e desenvolvimentos futuros.

As alterações climáticas são um fenómeno global e dinâmico com consequências visíveis atualmente e com perspectivas futuras de igual ou maior severidade, consoante a capacidade de resiliência do planeta e a capacidade de alteração de comportamentos e implementação de medidas mitigadoras para os efeitos das alterações climáticas. Apesar de ser um fenómeno global as implicações serão diferentes de região para região, estimando-se que as zonas à volta do Mediterrâneo sejam das mais afetadas, nomeadamente Portugal. Através dos estudos e cenários já realizados é possível identificar tendências nos padrões de temperatura e precipitação que resultarão em alterações dos padrões climáticos. Estão previstos para Portugal, o aumento da ocorrência e intensidade de secas e ondas de calor, aumento do risco de incêndios e alterações na capacidade do uso do solo e disponibilidade hídrica.

A presente dissertação teve como objetivo a definição da aptidão florestal para várias espécies numa área da zona Centro do país, tendo por base as características bioclimáticas, físicas e morfológicas do terreno. Através do desenvolvimento de uma metodologia e com recurso a ferramentas SIG, criaram-se cinco mapas de aptidão florestal para cinco espécies previamente selecionadas. A escolha das espécies foi feita dando destaque a espécies arbóreas autóctones, com ocorrência potencial na área de estudo. A metodologia desenvolvida e aplicada baseou-se em três aspetos principais: a aptidão bioclimática, as condicionantes edáficas (características dos solos) e os declives. Para relativizar a importância de cada critério na ponderação final recorreu-se à metodologia AHP onde cada critério foi comparado par a par. O resultado obtido foi a superioridade da aptidão bioclimática, como o aspeto mais importante na definição da aptidão florestal, devido não só à importância das preferências das espécies em relação à temperatura, precipitação e ecologia, que condicionam a sua distribuição geográfica, como também pelas alterações climáticas que estão a ocorrer e que podem, de forma mais imediata, alterar a adequabilidade de uma área, a uma ou várias espécies.

As espécies escolhidas para a definição da aptidão florestal foram: o Sobreiro (*Quercus suber*), o Carvalho Alvarinho (*Quercus robur*), o Pinheiro-Manso (*Pinus pinea*), o Pinheiro-Bravo (*Pinus pinaster*) e o Castanheiro (*Castanea sativa*). Para cada uma das espécies foram definidas três classes de aptidão: aptidão acima da referência, igual à referência ou abaixo da referência.

Os resultados obtidos mostram que a espécie com maior aptidão na área de estudo é o Pinheiro-Bravo, apresentando uma aptidão igual ou acima da referência em 79% da área de estudo e a espécie com menor aptidão na área de estudo é o Sobreiro, com uma aptidão abaixo da

referência de 89%, dado que bioclimaticamente, não apresenta aptidão para a área de estudo. O Pinheiro-manso surge com a segunda espécie com menor aptidão para a área de estudo. Cerca de metade (51%) da área de estudo revela-se pouco ou nada apta à implementação e desenvolvimento da espécie. O Carvalho-alvarinho e o Castanheiro apresentam valores de aptidão na área de estudo muito similares, devendo-se essencialmente à coincidência nas preferências climáticas e que, como já referido, têm um peso elevado na metodologia desenvolvida.

A definição da aptidão florestal possibilita uma melhor compreensão sobre o crescimento e desenvolvimento destas espécies na área em estudo, promovendo a regeneração do arvoredado autóctone. Poderá também auxiliar no controlo e recuperação de áreas queimadas e/ou degradadas e na estratégia de combate aos incêndios florestais, doenças e pragas, desenvolvendo uma maior resiliência dos povoamentos florestais aos fenómenos meteorológicos extremos e agentes bióticos nocivos. Além do coberto florestal também o solo e os recursos hídricos estarão a ser restaurados e conservados, aumentando a retenção de água no solo e combatendo a sua erosão por lixiviação em encostas de maior declive. De maneira geral pretende ser um auxílio à melhoria da gestão florestal na área de estudo, que pode ser replicada para qualquer zona do país.

5.2 Dificuldades e limitações do estudo

De referir que a metodologia AHP, utilizada para a definição da importância relativa e absoluta dos critérios, baseia-se numa classificação subjetiva do operador, no respeitante à importância par a par dos critérios, havendo a possibilidade de algum critério estar a ser sobrevalorizado ou menosprezado aquando da sua ponderação. Na metodologia aqui apresentada e aplicada a aptidão bioclimática foi classificada como muito mais importante do que os restantes critérios e os solos (condicionantes edáficas) foram considerados mais importantes do que os declives, pelas razões já referidas. Assim, para a ponderação final a aptidão bioclimática assumiu um peso de cerca de 77% e as condicionantes florestais e os declives, 17% e 6% respetivamente.

As principais dificuldades encontradas no desenvolvimento deste trabalho prendem-se com a obtenção da informação relativa aos solos para uma porção da área de estudo (cerca de 10%), não disponível.

5.3 Desenvolvimentos futuros

Num desenvolvimento futuro, poder-se-ia estudar com maior detalhe a aplicabilidade desta metodologia num área mais reduzida, possivelmente afetada por incêndios, onde se poderia adicionar mais critérios à ponderação (por exemplo: proximidade às linhas de água) e onde se planearia a recuperação e requalificação de acordo com os resultados obtidos, dando particular atenção às sucessões ecológicas e vegetação. Seria interessante também, a computação das possíveis alterações criadas no futuro, aos ótimos bioclimáticos de cada uma das espécies

estudadas, e definir uma aptidão provável para cada espécie, de acordo com os vários cenários previstos de alterações climáticas e estabelecer comparações.

Referências bibliográficas

- Agência Portuguesa do Ambiente (2017). Incêndios florestais – Relatório do Estado do Ambiente. Consultado a 29 de Agosto de 2018, em: <https://rea.apambiente.pt/content/incendios-florestais?language=pt-p>
- Agência Portuguesa do Ambiente (2012). Roteiro nacional de baixo carbono – Análise técnica das opções de transição para uma economia de baixo carbono competitiva em 2050 (resumo técnico). Disponível em: https://www.apambiente.pt/_zdata/DESTAQUES/2012/RNBC_RESUMO_2050_V03.indd.pdf
- Agriculture Organization of the United Nations. (n.d.). Natural Forest Management. Consultado a 20 de Agosto de 2018, em: <http://www.fao.org/forestry/sfm/85084/en/>
- Agroges – Sociedade de Estudos e Projetos (2012). Modelação das trajetórias das emissões de carbono para a agricultura, a floresta e o uso dos solos em Portugal nas próximas décadas (2010-2050), para apoio à elaboração do Roteiro Nacional de Baixo Carbono (RNBC). Disponível em: https://www.apambiente.pt/_zdata/RNCB/RelatrioFinal_24Abril2012.pdf
- Almeida, J.D., Araújo, P.V., Carapeto, A., Clamote, F., Henriques, T.M., Holyoak, D.T., Lourenço, J., Pereira, E.P., et al. (2018). *Pinus pinea* L. - mapa de distribuição. Flora-On: Flora de Portugal Interactiva, Sociedade Portuguesa de Botânica. <http://www.flora-on.pt/#wPinus+pinea>. Consulta realizada em 11/10/2018
- Almeida, J.D., Araújo, P.V., Carapeto, A., Clamote, F., Henriques, T.M., Holyoak, D.T., Lourenço, J., Pereira, E.P., et al. (2018). *Pinus pinaster* Aiton - mapa de distribuição. Flora-On: Flora de Portugal Interactiva, Sociedade Portuguesa de Botânica. <http://www.flora-on.pt/#wPinus+pinaster>. Consulta realizada em 10/10/2018
- Almeida, J.D., Araújo, P.V., Carapeto, A., Clamote, F., Henriques, T.M., Holyoak, D.T., Lourenço, J., Pereira, E.P., et al. (2018). *Castanea sativa* Mill. - mapa de distribuição. Flora-On: Flora de Portugal Interactiva, Sociedade Portuguesa de Botânica. <http://www.flora-on.pt/#wCastanea+sativa>. Consulta realizada em 11/10/2018
- Alves, R., Carvalho Mendes, A., Feliciano, D., Ribeiro, M. & Sottomayor, M. (2015). Forest land ownership change in Portugal. COST Action FP1201 FACESMAP Country Report, European Forest Institute Central-East and South-East European Regional Office, Vienna. 50 pp.
- Barros, P. (2014). Reserva Botânica do Cambarinho. [imagem] Consultado a 20 de Agosto de 2018 em: <http://palmilheiro.blogspot.com/2014/05/reserva-botanica-de-cambarinho>

- Bastrup-Birk, A., Reker, J., & Zal, N. (2016). European forest ecosystems: State and trends. EEA Report (Vol. 5).
- Bettinger, P., Boston, K., Siry, J. P., & Grebner, D. L. (2017). Management of forests and other natural resources: forest management and planning (pp. 1–20).
- Blog Direito do Ambiente. (2008). Paul da Arzila [imagem]. Consultado a 20 de Agosto de 2018 em: <http://blogdireitodoambiente.blogspot.com/2008/05/paul-de-arzila.html>
- Capelo, J. & Mesquita, S. (2015). Cartografia de Aptidão Bioclimática ao carvalho-alvarinho (*Quercus robur* L.), aveleira (*Corylus avellana* L.), cerejeira (*Prunus avium* L.), carvalho-americano (*Quercus rubra* L.), bordo (*Acer pseudoplatanus* L.) para Portugal Continental. LEAF/ISA/ULisboa. Disponível em: <http://epic-webgis-portugal.isa.utl.pt/>
- Capelo, J. & Mesquita, S. (2015). Cartografia de aptidão bioclimática ao castanheiro (*Castanea Sativa* M.) para Portugal Continental. LEAF/ISA/ULisboa. Disponível em: <http://epic-webgis-portugal.isa.utl.pt/>
- Capelo, J. & Mesquita, S. (2015). Cartografia de aptidão bioclimática ao pinheiro-bravo (*Pinus pinaster* Aiton) para Portugal Continental. LEAF/ISA/ULisboa. Disponível em: <http://epic-webgis-portugal.isa.utl.pt/>
- Capelo, J. & Mesquita, S. (2015). Cartografia de aptidão bioclimática ao pinheiro-manso (*Pinus pinea* L.) para Portugal Continental. LEAF/ISA/ULisboa. Disponível em: <http://epic-webgis-portugal.isa.utl.pt/>
- Capelo, J. & Mesquita, S., (2015). Cartografia de aptidão bioclimática ao sobreiro (*Quercus suber* L.) para Portugal Continental. LEAF/ISA/ULisboa. Disponível em: <http://epic-webgis-portugal.isa.utl.pt/>
- Casa da Eira. Serra da Lousã [imagem]. Consultado a 20 de Agosto de 2018 em: <http://www.casadaeira.pt/galeria5.htm>
- Conferência Nacional sobre Prevenção e Investigação de Incêndios Florestais (2001). A floresta, que futuro? Instituto Nacional de Administração.
- Conselho Europeu/Conselho da União Europeia (2018). Acordo de Paris sobre as alterações climáticas. Disponível em: <https://www.consilium.europa.eu/pt/policies/climate-change/timeline/>
- Costa, R., Fraga, H., Fernandes, P. M., & Santos, J. A. (2017). Implications of future bioclimatic shifts on Portuguese forests. *Regional Environmental Change*, 17(1), 117–127.
- Devy-Vareta, N. (1985). Para uma geografia histórica da floresta portuguesa: as matas medievais e a "coutada velha" do Rei. *Revista da Faculdade de Letras: Geografia*, série I, vol. 1: 47-

- Devy-Vareta, N. (1986). Para uma geografia histórica da floresta portuguesa. Do declínio das matas medievais à política florestal do renascimento (séc. XV e XVI). *Revista da Faculdade de Letras: Geografia, série I*, vol. 2: 5-37.
- Devy-Vareta, N. (1988). Grands projets de reboisement et enjeux sociaux locaux au Portugal. La sociologie et les nouveaux défis de la modernisation. Porto, Faculdade de Letras da Universidade do Porto: 365-374.
- DGRF. (2015). Estratégia nacional para as Florestas - Atualização. *Diário da República*, 1.ª série — N.º 24 — 4 de fevereiro de 2015, (Europa 2020), 6730–6809.
- Edenius, L., & Mikusin, G. (2006). Utility of habitat suitability models as biodiversity assessment tools in forest management, 21(Suppl 7), 62–73.
- FAO. (2010). Global Forest Resources Assessment 2010. Assessment, 1–27.
- Ferreira, A. & Gonçalves, A. (2001). Plano Específico de Ordenamento Florestal para o Alentejo. Universidade de Évora
- Ferreira Silva, J., Magalhães, M. R. & Müller, A. (2015). Aptidão integrada à Azinheira (*Quercus rotundifolia*) para Portugal Continental. LEAF/ISA/ULisboa. Disponível em: <http://epic-webgis-portugal.isa.utl.pt/>
- Ferreira Silva, J., Magalhães, M. R. & Müller, A. (2015). Aptidão integrada ao Castanheiro (*Castanea sativa*) para Portugal Continental. LEAF/ISA/ULisboa. Disponível em: <http://epic-webgis-portugal.isa.utl.pt/>
- Ferreira Silva, J., Magalhães, M. R. & Müller, A. (2015). Aptidão integrada ao Pinheiro-bravo (*Pinus pinaster* Aiton) para Portugal Continental. LEAF/ISA/ULisboa. Disponível em: <http://epic-webgis-portugal.isa.utl.pt/>
- Ferreira Silva, J., Magalhães, M. R. & Müller, A. (2015). Aptidão integrada ao Pinheiro-manso (*Pinus Pinea* L.) para Portugal Continental. LEAF/ISA/ULisboa. Disponível em: <http://epic-webgis-portugal.isa.utl.pt/>
- Ferreira Silva, J., Magalhães, M. R. & Müller, A. (2015). Aptidão integrada ao Sobreiro (*Quercus suber* L.) para Portugal Continental. LEAF/ISA/ULisboa. Disponível em: <http://epic-webgis-portugal.isa.utl.pt/>
- Ferreira, A. J. D., Alegre, S. P., Coelho, C. O. A., Shakesby, R. A., Páscoa, F. M., Ferreira, C. S. S. & Ritsema, C. (2015). Strategies to prevent forest fires and techniques to reverse degradation processes in burned areas. *Catena*, 128, 224–237.
- Geocaching. (2011). Paul da Madriz - lago de nenúfares [imagem]. Consultado a 20 de Agosto

de 2018 em: https://www.geocaching.com/geocache/GC2VD3B_paul-da-madriz-bosque-dos-fetos

ICNF (n.d.). Sítio de Interesse Comunitário - Cambarinho. Plano Setorial da Rede Natura 2000. Consultado a 20 de Agosto de 2018 em <http://www2.icnf.pt/portal/pn/biodiversidade/rn2000/resource/doc/sic-cont/cambarinho>

ICNF (n.d.). Sítio de Interesse Comunitário – Carregal do Sal. Plano Setorial da Rede Natura 2000. Consultado a 20 de Agosto de 2018 em: <http://www2.icnf.pt/portal/pn/biodiversidade/rn2000/resource/doc/sic-cont/carregal-do-sal>

ICNF (n.d.). Sítio de Interesse Comunitário - Paul da Arzila. Plano Setorial da Rede Natura 2000. Consultado a 20 de Agosto de 2018 em: <http://www2.icnf.pt/portal/pn/biodiversidade/rn2000/resource/doc/sic-cont/paul-de-arzila>

ICNF (n.d.). Sítio de Interesse Comunitário – Rio Vouga. Plano Setorial da Rede Natura 2000. Consultado a 20 de Agosto de 2018 em: <http://www2.icnf.pt/portal/pn/biodiversidade/rn2000/resource/doc/sic-cont/rio-vouga>

ICNF (n.d.). Sítio de Interesse Comunitário – Serra da Lousã. Plano Setorial da Rede Natura 2000. Consultado a 20 de Agosto de 2018 em: <http://www2.icnf.pt/portal/pn/biodiversidade/rn2000/resource/doc/sic-cont/serra-da-lousa>

ICNF (n.d.). Zona de Proteção Especial – Paul da Arzila. Plano Setorial da Rede Natura 2000. Consultado a 20 de Agosto de 2018 em: <http://www2.icnf.pt/portal/pn/biodiversidade/rn2000/resource/doc/zpe-cont/parzila>

ICNF (n.d.). Zona de Proteção Especial – Paul da Madriz. Plano Setorial da Rede Natura 2000. Consultado a 20 de Agosto de 2018 em <http://www2.icnf.pt/portal/pn/biodiversidade/rn2000/resource/doc/zpe-cont/pmadriz>

ICNF (n.d.). Zona de Proteção Especial – Paul do Taipal. Plano Setorial da Rede Natura 2000. Consultado a 20 de Agosto de 2018 em: <http://www2.icnf.pt/portal/pn/biodiversidade/rn2000/resource/doc/zpe-cont/ptaipal>

ICNF (n.d.). Zona de Proteção Especial – Ria de Aveiro. Plano Setorial da Rede Natura 2000. Consultado a 20 de Agosto de 2018 em: <http://www2.icnf.pt/portal/pn/biodiversidade/rn2000/resource/doc/zpe-cont/raveiro>

Imeson, A., & Curfs, M. LUCINDA - Land Care in Desertification Affected Areas: Soil Erosion [Ebook]. Retrieved from http://www2.icnf.pt/portal/pn/biodiversidade/ei/unccd-PT/ond/lucinda/b1_booklet_final_pt_rev3

Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, I. P. (2016). Espécies arbóreas autóctones em Portugal Continental - Guia de utilização.

- Koomen, E., Opdam, P. & Steingrover, E. (2012). Adapting complex multi-level landscape systems to climate change. *Landscape Ecology*, 27(4), 469-471. DOI 10.1007/s10980-012-9721-8
- LPN. (2007). Guia de campo : as árvores e os arbustos de Portugal Continental. (Público/FLAD, Ed.), Guia de campo : as árvores e os arbustos de Portugal Continental (Vol. 9). Público.
- LPN. (2007). Proteger a Floresta - Incêndios, pragas e doenças. (Público/FLAD, Ed.), Proteger a Floresta -- Incêndios, pragas e doenças (Vol. 8). Público.
- Martins, D. S., Raziei, T., Paulo, A. A. & Pereira, L. S. (2012). Spatial and temporal variability of precipitation and drought in Portugal. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 12, 1493–1501, 2012. www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/12/1493/2012/. doi:10.5194/nhess-12-1493-2012
- Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território. (2013). Estratégia de adaptação da agricultura e das florestas às alterações climáticas.
- Natura Dois Ponto Zero. Paul do Taipal [imagem]. Consultado a 20 de Agosto de 2018 em: https://naturezadospontozero.weebly.com/uploads/2/8/3/1/28316219/9496095_orig.jpg
- Navalho, I., Alegria, C., Quinta-Nova, L., & Fernandez, P. (2017). Integrated planning for landscape diversity enhancement, fire hazard mitigation and forest production regulation: A case study in central Portugal. *Land Use Policy*, 61, 398–412.
- P.V.Araújo, F.Clamote, A.Carapeto, S.Malveiro, M.Porto, J.Lourenço, D.T.Holyoak, A.J.Pereira, et al. (2018). *Quercus suber* L. - mapa de distribuição. Flora-On: Flora de Portugal Interactiva, Sociedade Portuguesa de Botânica. <http://www.flora-on.pt/#wQuercus+suber>. Consulta realizada em 9/10/2018
- Bastrup-Birk, A., Reker, J., & Zal, N. (2016). European forest ecosystems: State and trends. EEA Report (Vol. 5).
- Páscoa, P., Gouveia, C. M., Russo, A. & Trigo, R.M. (2017). Drought trends in the Iberian Peninsula over the last 112 years. *Advances in Meteorology*. Article ID 4653126 <https://doi.org/10.1155/2017/4653126>.
- Paul da Arzila. (n.d.). [imagem] Consultado a 20 de Agosto de 2018 em: <https://www.wikiloc.com/birdwatching-birding-trails/paul-de-arzila-9680446/photo-5787159>
- Paulo, A. A., Rosa, R. D. & Pereira, L. S. (2012). Climate trends and behaviour of drought indices based on precipitation and evapotranspiration in Portugal. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 12, 1481–1491. doi:10.5194/nhess-12-1481-2012
- Pereira, J. S. (2014). O Futuro da Floresta em Portugal. Fundação Francisco Manuel dos Santos.
- Pereira, J. S. (2016). O futuro da Floresta em Portugal. Fundação Francisco Manuel dos Santos.
- Radich, M. C. & Monteiro Alves, A. A. (2000). Dois séculos da floresta em Portugal: séculos XIX

e XX, Lisboa, CELPA, 226 pp.

- Roque, N., Navalho, I., Quinta-Nova, L.C., Alegria, C.M.M. & Albuquerque, M.T.D. (2017). Assessing forest species biogeophysical suitability by spatial multicriteria analysis: a study case for the centro region of Portugal. Instituto Politécnico de Castelo Branco
- Santos, F. D., & Miranda, P. (Eds.). (2006). CAP08-Florestas e Biodiversidade.pdf. Em Alterações Climáticas em Portugal: cenários, impactos e medidas de adaptação. Projecto SIAM II (pp. 305–350). Lisboa: Gradiva - Publicações, Lda.
- Sousa, E., Naves, P., Preza, F., Pimpão, M. & Bonifácio, L. (2018). Pragas emergentes na floresta em Portugal. Vida Rural, Março: 42-44.
- Valente, S., Coelho, C., Ribeiro, C., Liniger, H., Schwilch, G., Figueiredo, E., & Bachmann, F. (2015). How much management is enough? Stakeholder views on forest management in fire-prone areas in central Portugal. Forest Policy and Economics, 53, 1–11.

Anexo I – Resultados Intermédios

As figuras seguintes correspondem aos resultados intermédios, obtidos na aplicação da metodologia. Para cada uma das espécies foi gerado um mapa de condicionantes florestais com base nas características dos solos e a preferência das espécies arbóreas às mesmas.

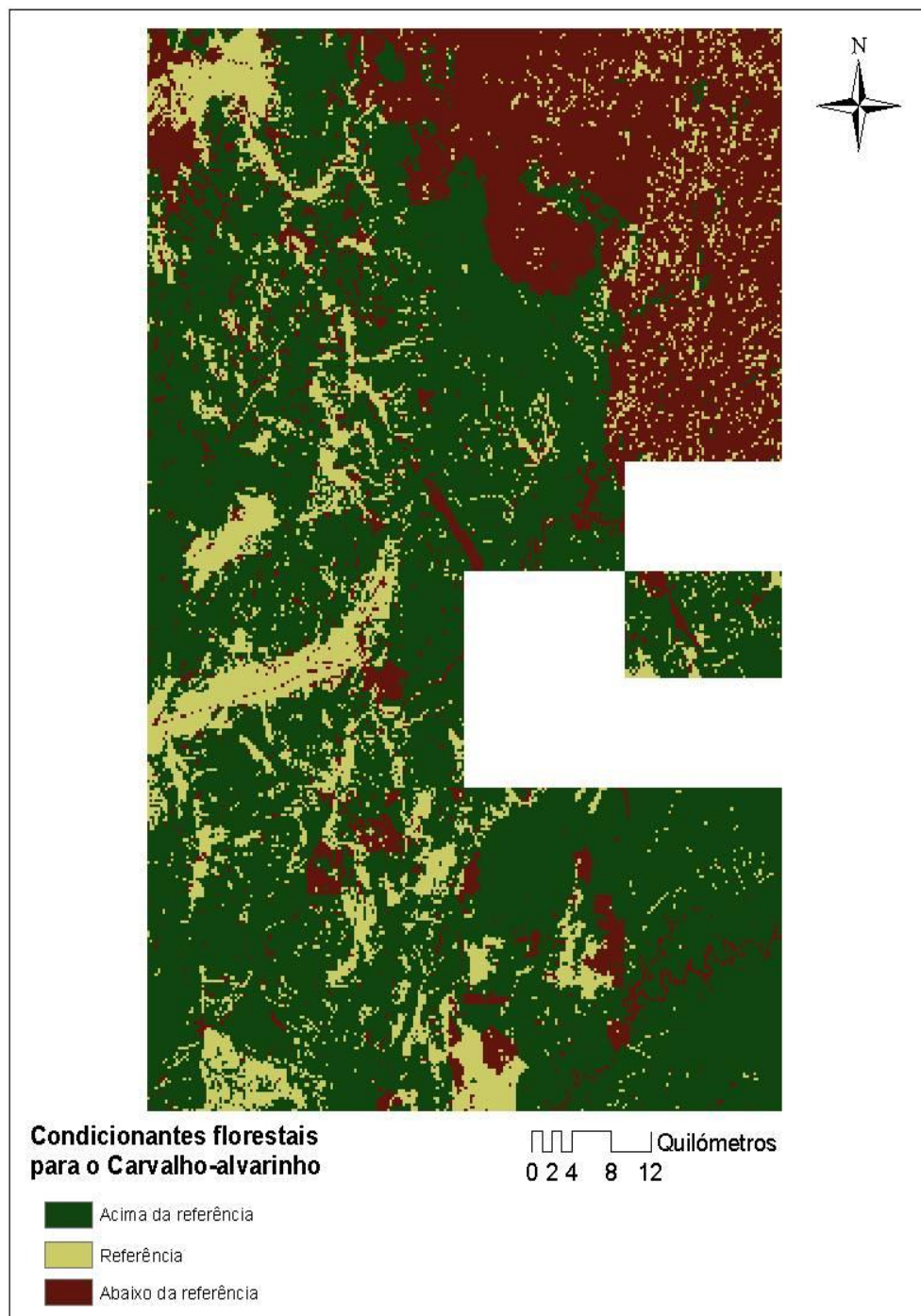


Figura I - Condicionantes florestais para o Carvalho-alvarinho

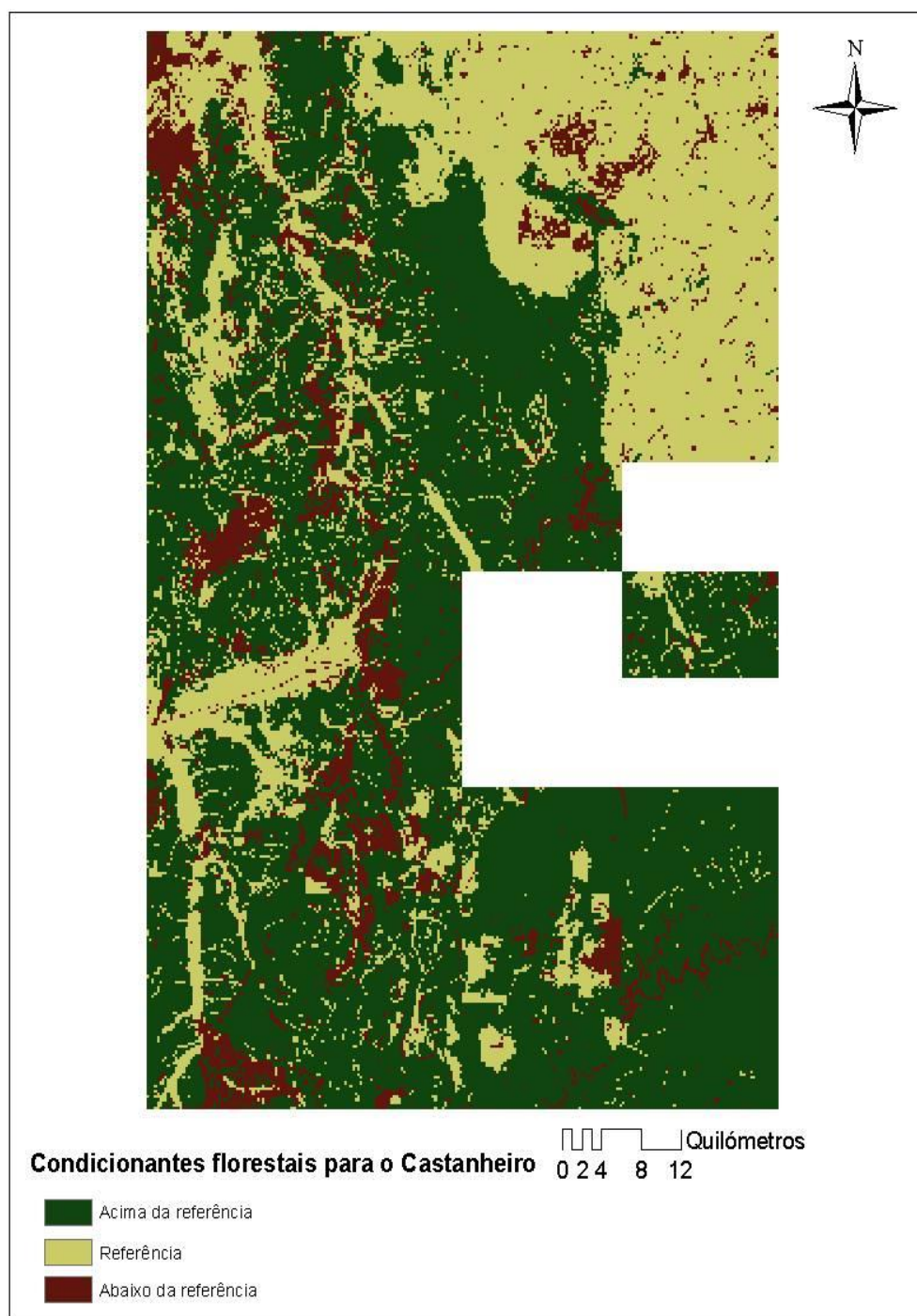


Figura II - Condicionantes florestais para o Castanheiro

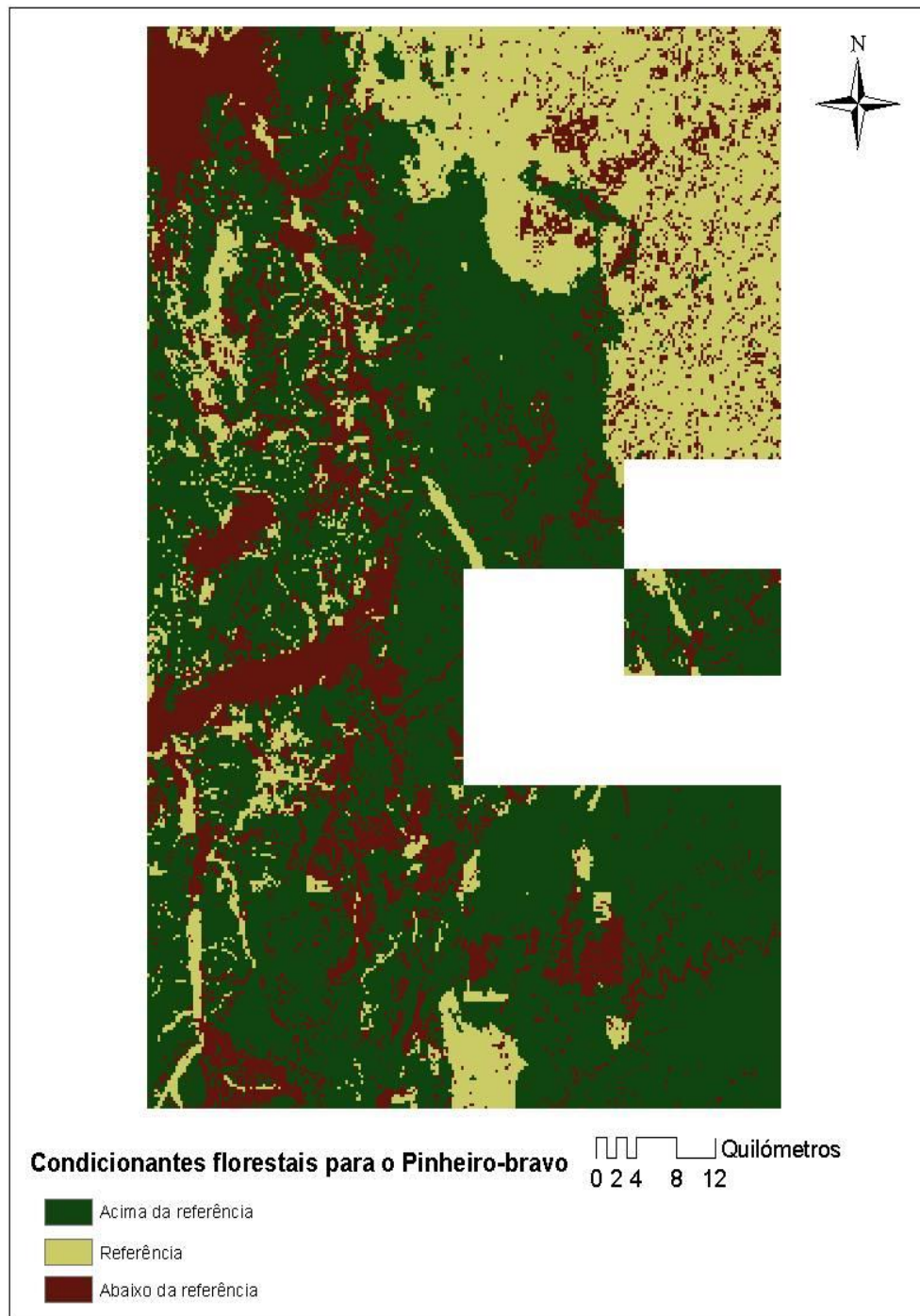


Figura III - Condicionantes florestais para o Pinheiro-bravo

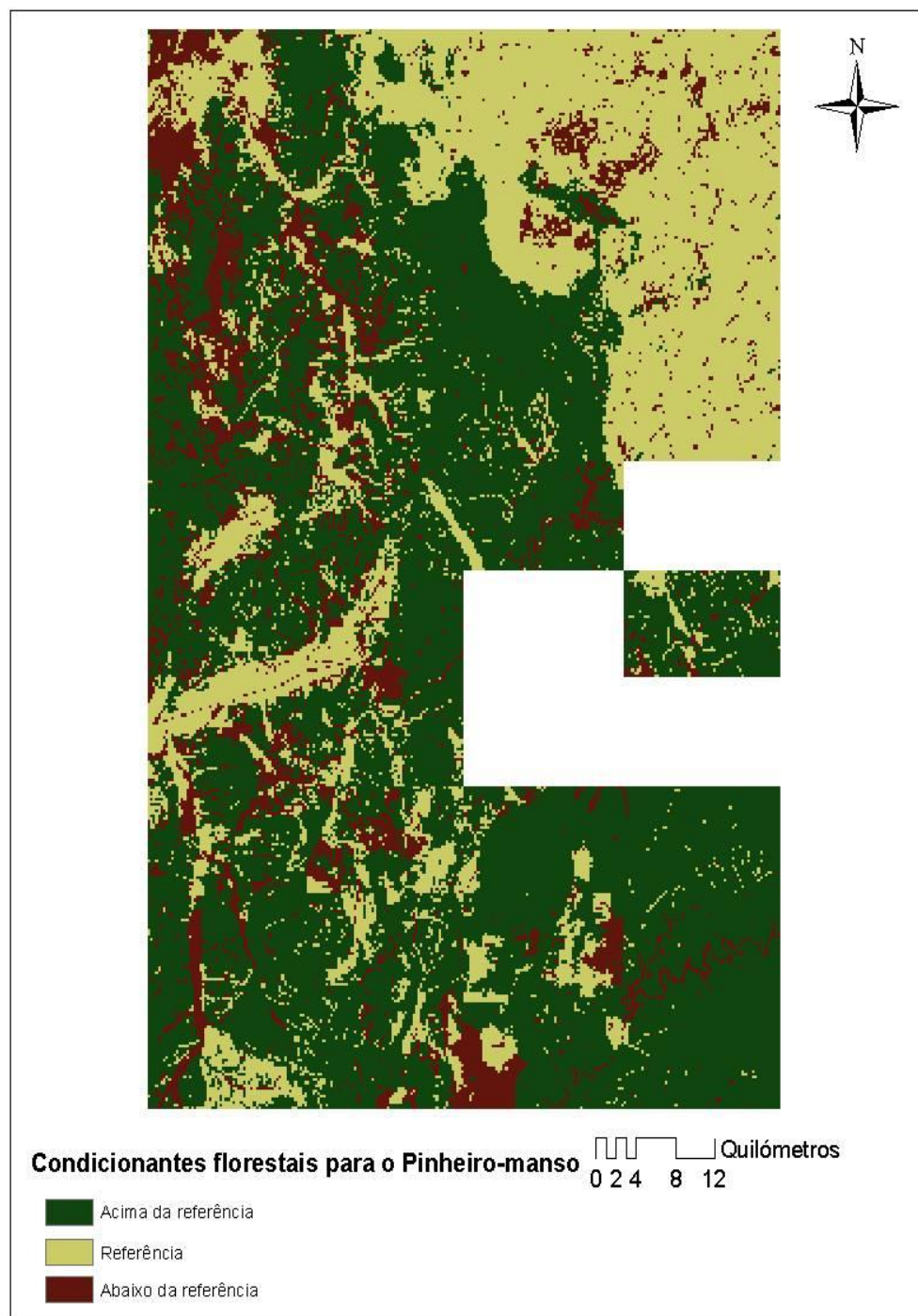


Figura IV - Condicionantes florestais para o Pinheiro-mansinho

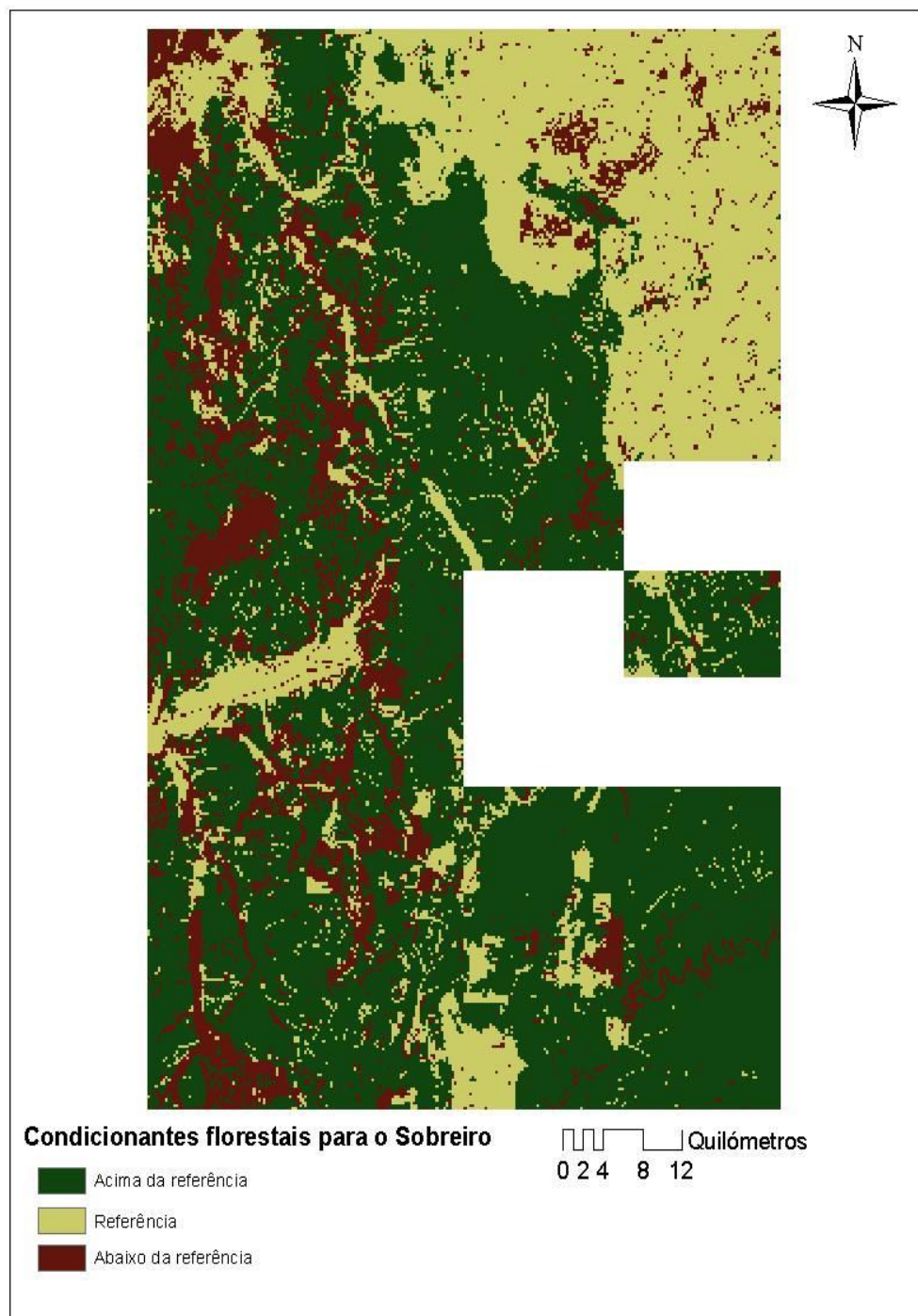


Figura V - Condicionantes florestais para o Sobreiro

Anexo II – Aptidão Bioclimática EPICWebGis

As figuras seguintes apresentam a aptidão bioclimática para cada uma das espécies arbóreas utilizadas e pertencem ao projeto e plataforma EPICWebGis. Apenas foram cortadas de modo a ser possível a visualização na área de estudo da dissertação.

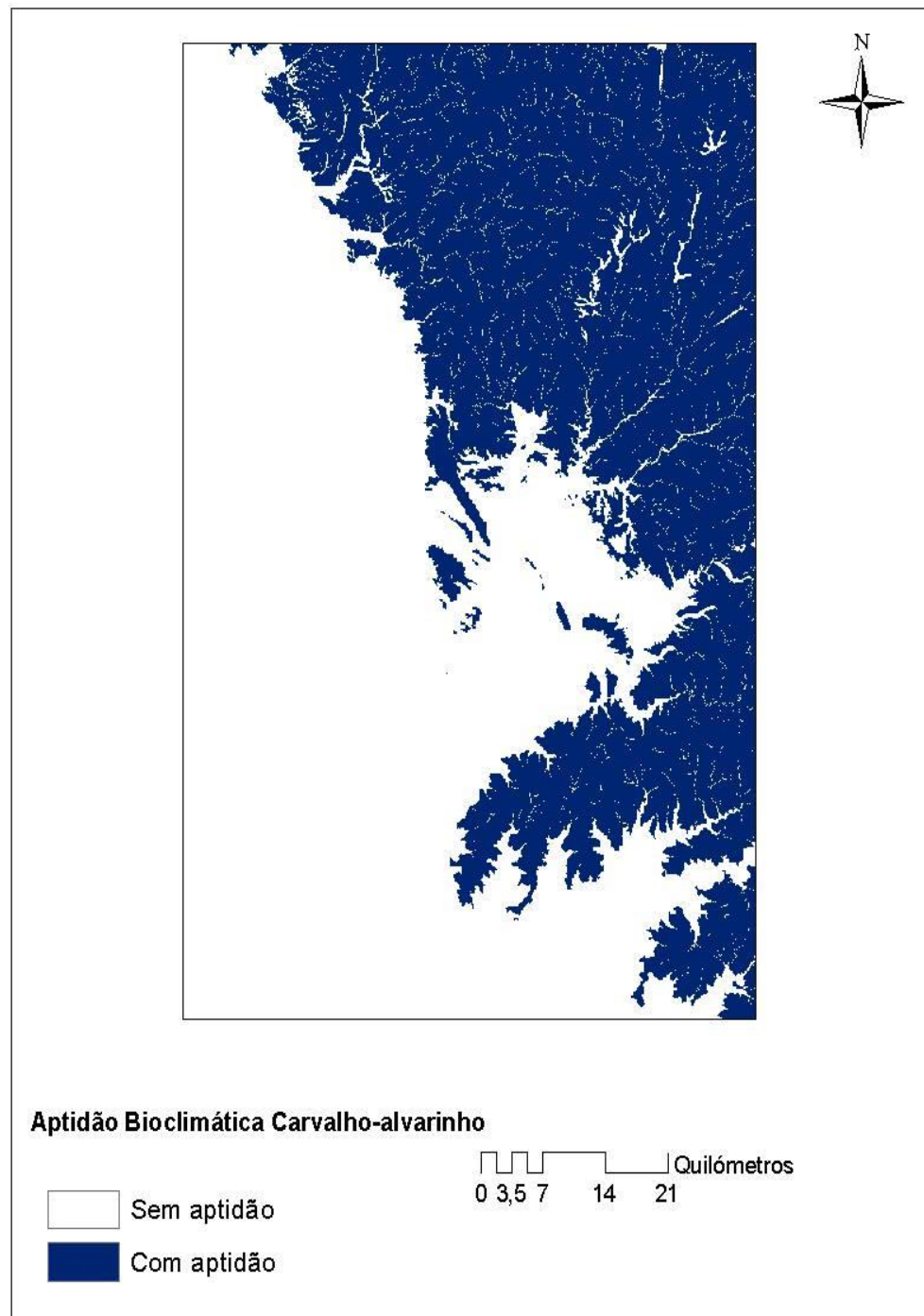


Figura VI - Aptidão Bioclimática Carvalho-alvarinho (EPICWebGis)

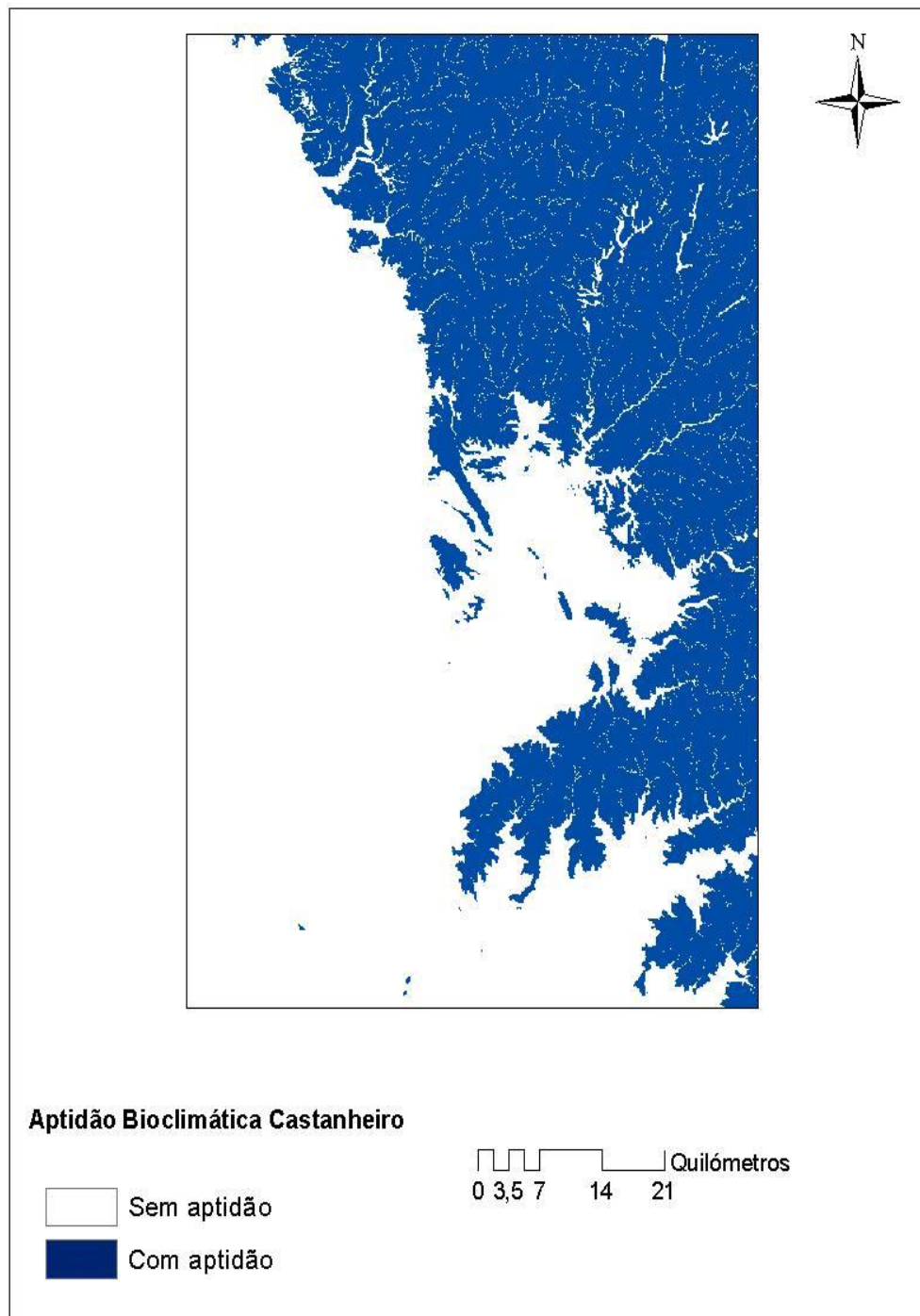


Figura VII - Aptidão Bioclimática Castanheiro (EPICWebGis)

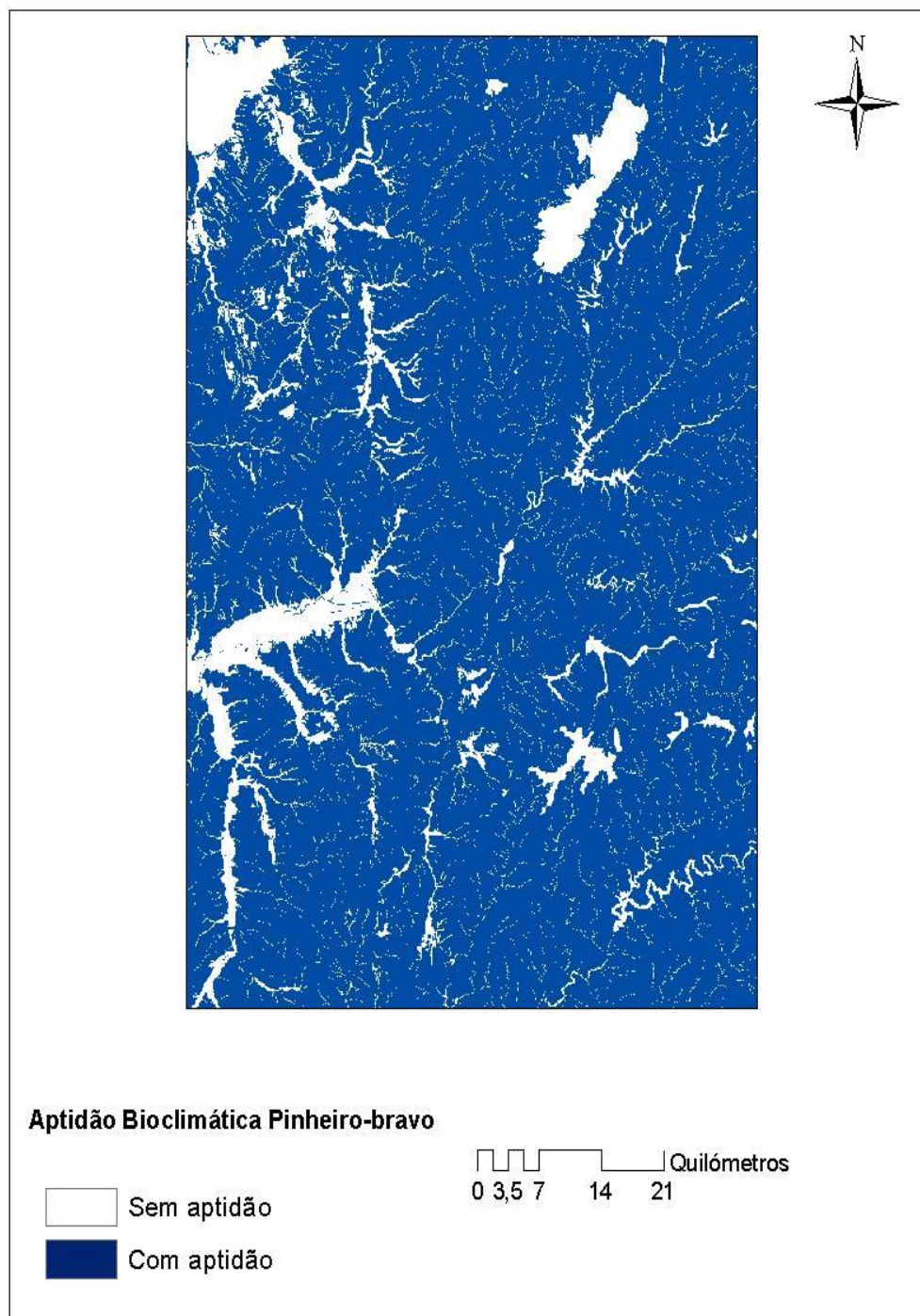


Figura VIII - Aptidão Bioclimática Pinheiro-bravo (EPICWebGis)

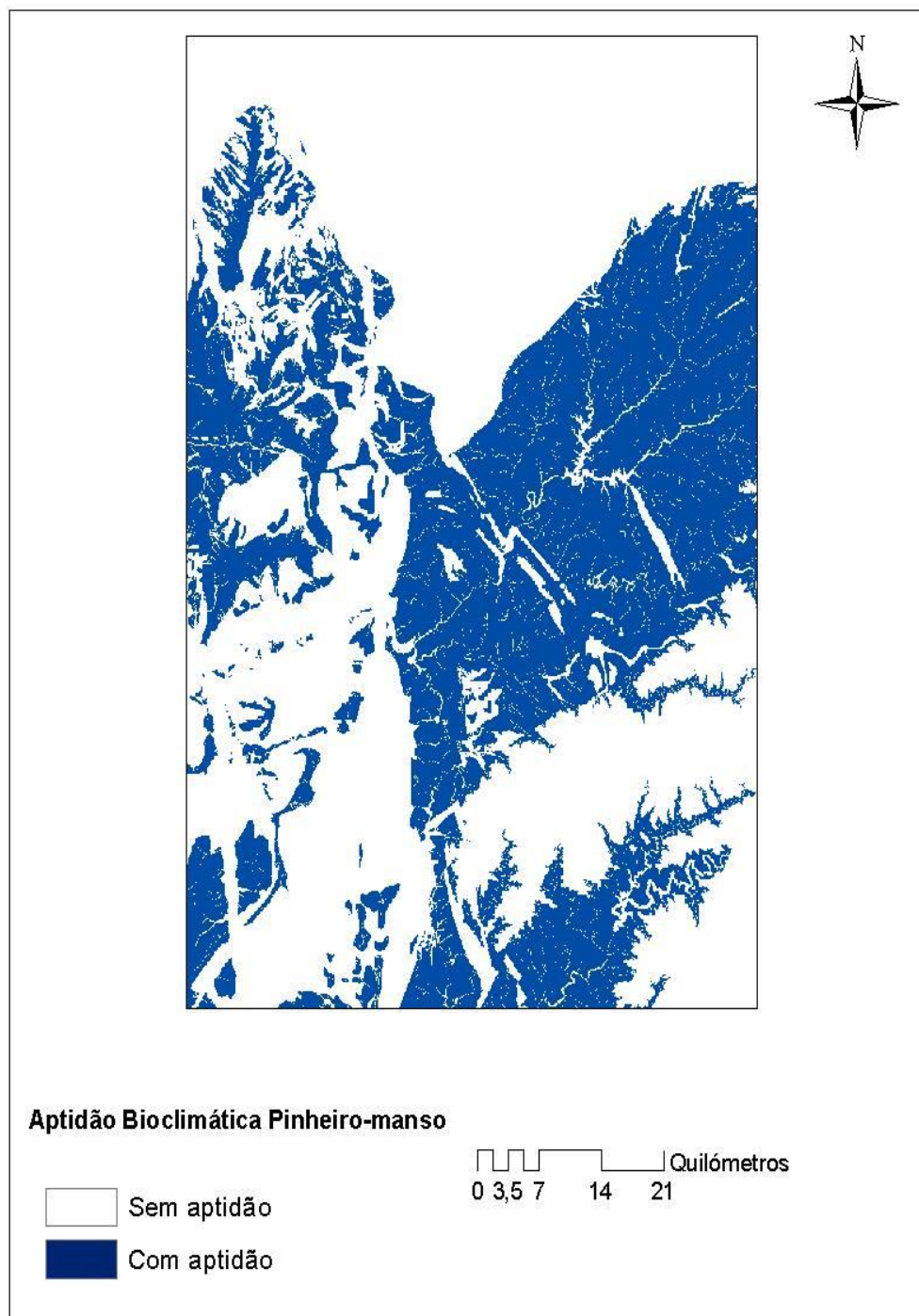


Figura IX - Aptidão Bioclimática Pinheiro-manso (EPICWebGis)

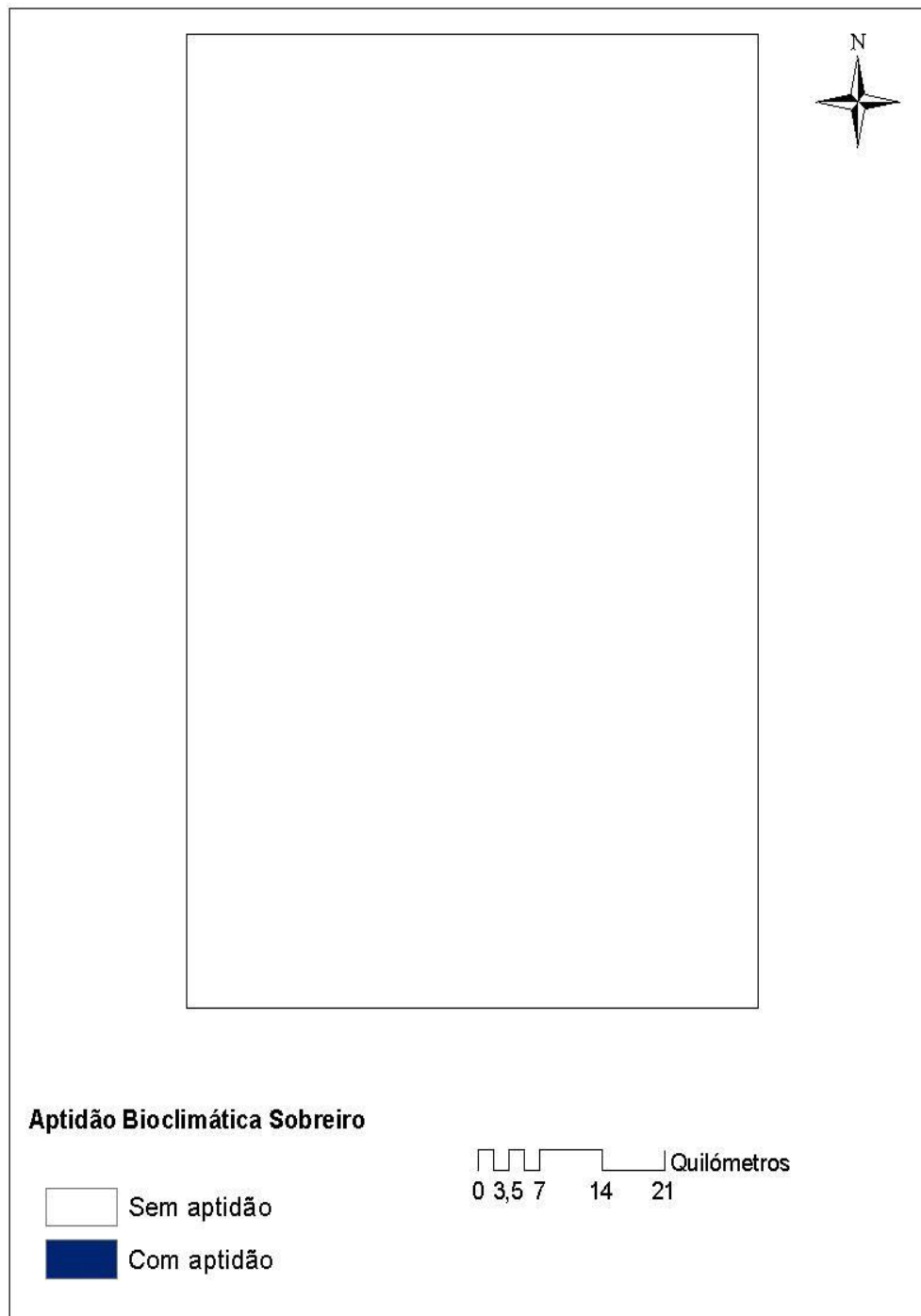


Figura X - Aptidão Bioclimática Sobreiro (EPICWebGis)

Anexo III – Classes de aptidão florestal

As tabelas seguintes complementam a informação relativa às classes de aptidão obtidas para espécies arbóreas estudadas nesta dissertação.

Tabela A - Valores obtidos para a aptidão florestal do Carvalho-Alvarinho

Aptidão Carvalho-Alvarinho	Classe	Contagem Pixéis	Área (m ²)	(%)
Acima da referência	1	33330	2253108000	35%
Referência	2	23369	1579744400	25%
Abaixo da referência	3	28178	1904832800	30%
Área n.d.	(n.d.)	(n.d.)	641919842,24	10%

Tabela B - Valores obtidos para a aptidão florestal do Castanheiro

Aptidão Castanheiro	Classe	Contagem Pixéis	Área (m ²)	(%)
Acima da referência	1	34962	2363431200	37%
Referência	2	18754	1267770400	20%
Abaixo da referência	3	31461	2126763600	33%
Área n.d.	(n.d.)	(n.d.)	641919842,24	10%

Tabela C - Valores obtidos para a aptidão florestal do Pinheir-Bravo

Aptidão Pinheiro-Bravo	Classe	Contagem Pixéis	Área (m ²)	(%)
Acima da referência	1	73233	4950550800	77%
Referência	2	1643	111066800	2%
Abaixo da referência	3	10301	696347600	11%
Área n.d.	(n.d.)	(n.d.)	641919842,24	10%

Tabela D - Valores obtidos para a aptidão florestal do Pinheiro-Manso

Aptidão Pinheiro-Manso	Classe	Contagem Pixéis	Área (m ²)	(%)
Acima da referência	1	28361	1917203600	30%
Referência	2	8152	551075200	9%
Abaixo da referência	3	48664	3289686400	51%
Área n.d.	(n.d.)	(n.d.)	641919842,24	10%

Tabela E - Valores obtidos para a aptidão florestal do Sobreiro

Aptidão Sobreiro	Classe	Contagem Pixéis	Área (m ²)	%
Acima da referência	1	0	0	0%
Referência	2	483	32650800	1%
Abaixo da referência	3	84694	5725314400	89%
Área n.d.	(n.d.)	(n.d.)	641919842,24	10%

Anexo IV – Aptidão Integrada EPICWebGis

As figuras seguintes apresentam a aptidão integrada para cada uma das espécies arbóreas utilizadas e pertencem ao projeto e plataforma EPICWebGis, tendo sido cortadas de modo a ser possível a visualização na área de estudo da dissertação e ser possível a comparação com os resultados obtidos pela metodologia aplicada na dissertação.

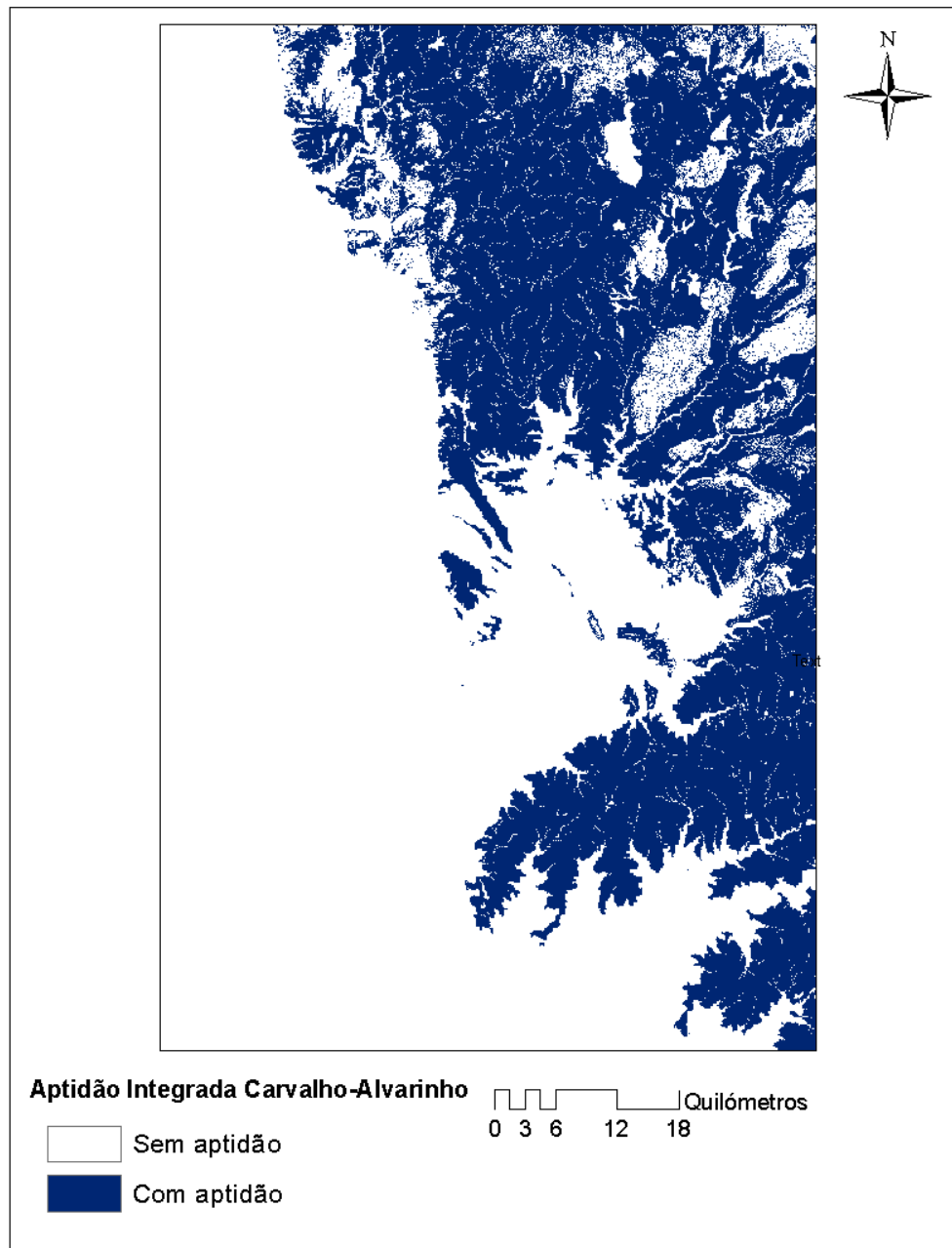


Figura XI - Aptidão integrada para o Carvalho-alvarinho (EPICWebGis)



Figura XII - Aptidão integrada para o Castanheiro (EPICWebGis)

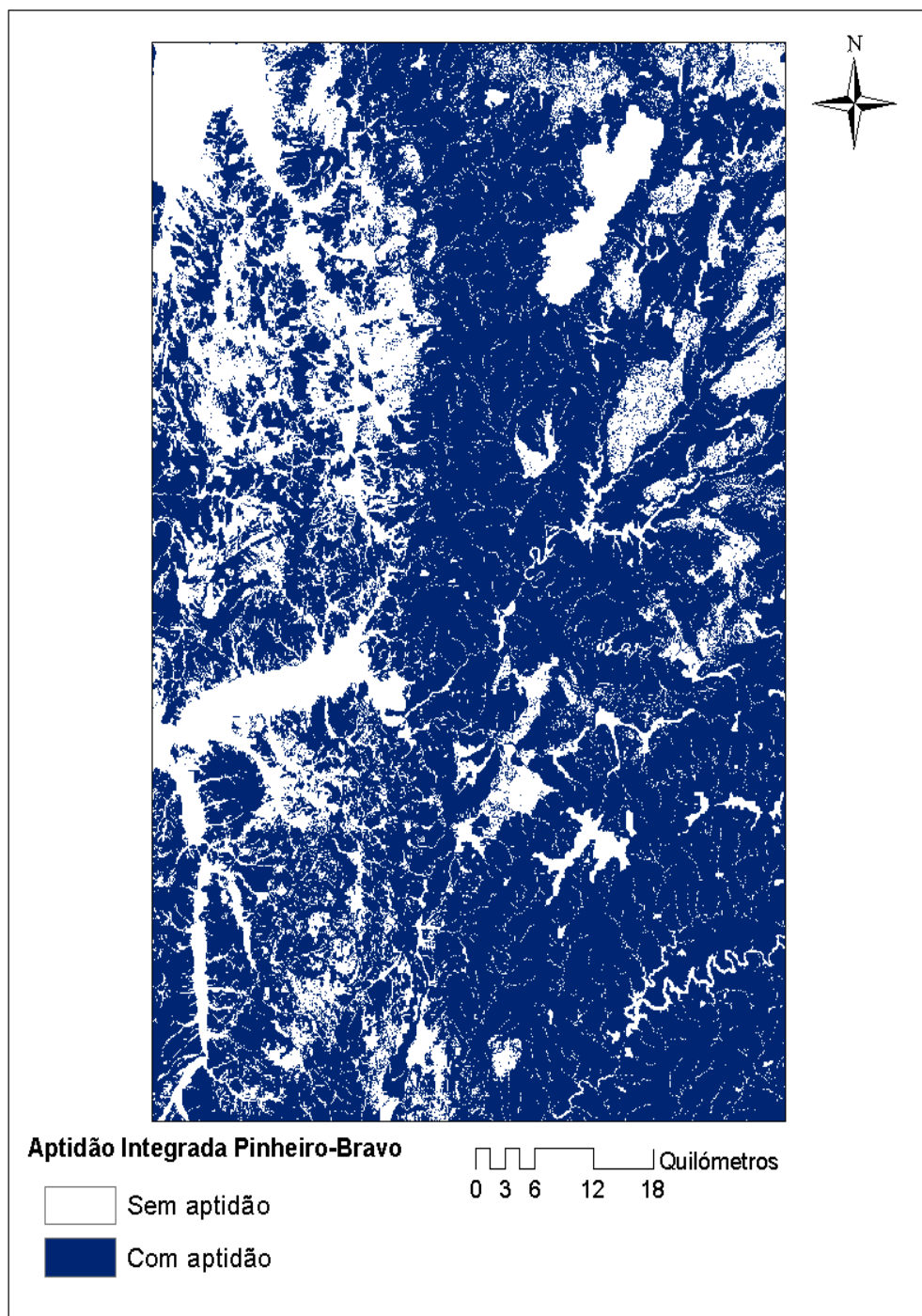


Figura XIII - Aptidão integrada para o Pinheiro-Bravo (EPICWebGis)



Figura XIV - Aptidão integrada para o Pinheiro-Manso (EPICWebGis)

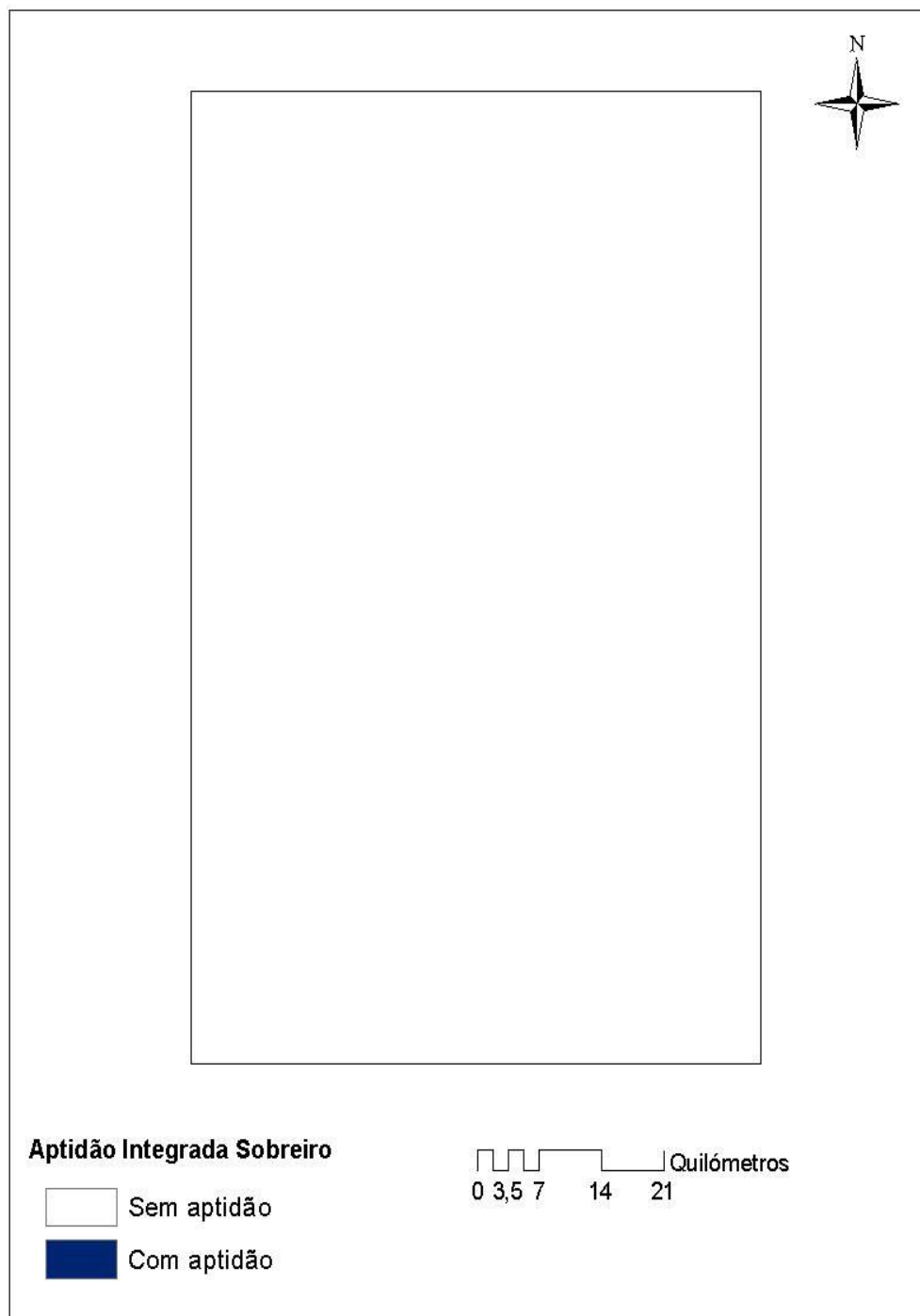


Figura XV - Aptidão integrada para o Sobreiro (EPICWebGis)